COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 NOVEMBRE 1859.

PRÉSIDENCE DE M. DE SENARMONT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉCANIQUE. — *Mouvement des gaz de la poudre dans l'âme des bouches à feu; par* M. Piobert (*).

I. — Recherches antérieures sur les effets des gaz de la poudre.

« **1**. *Travaux des anciens auteurs sur les effets des gaz de la poudre dans les canons.* — Les anciens auteurs qui se sont occupés du mouvement des projectiles dans l'âme des bouches à feu, n'ont tenu aucun compte de la masse de la poudre, quoique le poids des charges employées de leur temps pût s'élever jusqu'à égaler celui du boulet; actuellement même la charge est encore, dans certaines circonstances du tir, de la moitié de ce poids. Ils ont tous admis que la combustion de la poudre était instantanée, ou du moins que toute la charge était réduite en gaz dès l'origine du mouvement; enfin ils ont supposé que la tension de ces gaz était proportionnelle à leur densité, et que

(*) Une grande partie de ce travail a été présentée à l'Académie des Sciences dans la séance du 20 mai 1833; M. Poisson, qui s'était chargé de faire le Rapport, ne put s'en occuper à cette époque; d'ailleurs il différait d'opinion avec l'auteur sur quelques points de la question, surtout relativement à l'état initial ou à la distribution des gaz dans les diverses tranches de la charge, au moment du déplacement du projectile.

cette densité, uniforme dans toute l'étendue du fluide élastique, pour chaque position du projectile, ne variait qu'avec le temps.

» 2. Daniel Bernoulli est le premier savant qui ait tenté de soumettre au calcul les effets de la détente des gaz de la poudre et le mouvement des projectiles dans l'âme des bouches à feu. Dans un travail publié à la suite de la Xe Section de son *Hydrodynamique* (*), il donne la solution de la question, dans l'hypothèse où les fluides produits par la décomposition de la poudre agiraient comme de l'air condensé, leur force élastique étant proportionnelle à leur densité; il fait abstraction de la masse du gaz, mais il tient compte des pertes qui ont lieu par le vent du boulet et par la lumière du canon, en supposant ces ouvertures très-petites par rapport à l'étendue de la section de l'âme et la vitesse des gaz qui les traversent, très-grande par rapport à celle du projectile.

» 3. Peu de temps après Bernoulli, Benjamin Robins s'est occupé de la même question dans ses *Nouveaux principes d'Artillerie*, imprimés à Londres en 1742. Il ne paraît pas avoir eu connaissance du travail de ce savant, car les modes de solution ne se ressemblent nullement; Robins, ne tenant compte ni du vent ni de la lumière du canon, emploie une méthode purement géométrique, moins générale et moins élégante; du reste, il fait les mêmes suppositions sur les gaz de la poudre, mais en les présentant comme des résultats d'expérience, tandis que Bernoulli ne les admet dans ses calculs que comme des hypothèses, dont il reconnaît ensuite l'inexactitude, en faisant des applications de sa solution au mouvement d'un boulet de 3 lancé verticalement, avec diverses charges, dans deux pièces de longueurs différentes, et en comparant ses résultats avec ceux de l'expérience.

» 4. Euler, dans les *Remarques* publiées à Berlin en 1745, à la suite de sa traduction de l'ouvrage de Robins, donne une solution analytique de la question ; il prouve d'abord qu'on peut sans erreur sensible négliger, ainsi que l'ont fait les autres auteurs, la pression de l'atmosphère, la résistance de l'air au mouvement du boulet, pendant son trajet dans la pièce, et le frottement qui peut avoir lieu contre les parois de l'âme. Le premier il reconnaît qu'il faut tenir compte de la masse des gaz qu'une partie de la force motrice est employée à mettre en mouvement ; il prouve que la force élastique du fluide ne doit pas être uniforme dans tout l'espace occupé par les gaz, qu'elle est moins grande près du boulet qu'au fond de l'âme, et que, par

---

(*) Danielis Bernoulli, Joh. Fil., *Hydrodynamica*. Argentorati, 1738, p. 234-243.

suite, la densité de ces gaz est variable dans toute leur étendue. Malgré cela, il renonce à soumettre au calcul ces diverses circonstances qui compliquent beaucoup le phénomène et justifie sa détermination en disant (*) : « Heu- » reusement que ces effets ne sont pas bien sensibles, car il serait difficile, » et peut être même impossible de les déterminer par les principes connus » de la mécanique ; il faudrait pour cela employer des équations différen- » tielles tellement compliquées, qu'on ne pourrait ni les résoudre, ni en » tirer des conséquences satisfaisantes. » Par suite il suppose qu'à chaque instant la tension des gaz de la poudre est la même dans toutes les tranches, depuis le fond de l'âme jusque derrière le boulet ; mais il ne le fait qu'avec une certaine défiance de ses calculs et seulement comme essai pour savoir s'il est possible de parvenir à une solution ; car il dit (**) : « Comme les par- » ties du fluide élastique qui se développe par l'explosion de la poudre, » sont d'une si grande subtilité, que la moindre force est capable de leur » donner du mouvement, il peut se faire que l'inégalité dans leur élasticité » ne soit pas bien sensible et qu'on pourra supposer, sans erreur, que dans » chaque instant l'élasticité est également partagée entre toutes les parties » de cette matière subtile. Par ce moyen on écartera les plus grandes dif- » ficultés, et la question pourra se résoudre par les méthodes (*de Daniel* » *Bernoulli*) dont on vient de parler. »

» Euler essaye d'abord de représenter analytiquement les pertes de vitesse qui résultent de ce que la poudre d'une charge ne s'enflamme point toute à la fois dans le même instant, à l'aide d'hypothèses sur la loi de formation des gaz, puis il dit (***) : « Comme il est aussi difficile d'assujettir l'in- » flammation successive de la poudre au calcul que d'exécuter ce calcul » lui-même, on pourrait, ce me semble, supposer que, dans le premier instant, » une certaine partie de la poudre s'enflamme toute à la fois et que l'autre » partie ne prend point feu. » C'est dans cette hypothèse qu'il cherche à résoudre le problème, ensuite il suppose (****) « qu'une moitié de la poudre » est chassée avec la balle, et que l'autre reste en arrière au fond du ca- » non. » Enfin il cherche, comme Bernoulli, l'influence de la lumière et du vent sur la vitesse du projectile ; mais il ne montre pas la même saga-

(*) *Nouveaux principes d'Artillerie* de Benjamin Robins, commentés par Léonard Euler, traduction de Lombard. Dijon, 1783, p. 98.

(**) *Nouveaux principes d'Artillerie* de Benjamin Robins, p. 196.

(***) *Nouveaux principes d'Artillerie* de Benjamin Robins, p. 235 et 236.

(****) *Nouveaux principes d'Artillerie* de Benjamin Robins, p. 376.

cité que son savant devancier relativement à l'élasticité des gaz de la poudre, que celui-ci avait reconnue croître dans un plus grand rapport que la densité, ainsi que l'expérience directe l'a confirmé depuis; il croit pouvoir déduire ce rapport de calculs purement hypothétiques; enfin Euler, comme les autres auteurs, ne tient aucun compte du mouvement de recul de la bouche à feu.

» 5. Depuis Euler jusqu'à ces derniers temps, on n'avait rien publié sur le mouvement des projectiles dans l'intérieur des pièces qui ne fût empirique ou déjà connu; aussi on fut très-embarrassé après les longues guerres de l'Empire, lorsqu'on voulut, pour perfectionner le matériel de l'artillerie et établir de nouvelles bouches à feu, utiliser les nombreux faits d'observation qui avaient été recueillis. Il était impossible de se servir des résultats que les anciens auteurs avaient obtenus en faisant des hypothèses très-éloignées de ce qui se passe dans la pratique; on ne pouvait non plus admettre des théories aussi vagues que celles qui avaient été proposées et qui ne s'appuient sur aucune donnée de l'expérience. La tâche eût été singulièrement facilitée, si l'on eût connu alors les tentatives que Lagrange avait faites pour résoudre ce problème; mais les résultats de son analyse ne lui ayant pas paru satisfaire assez complétement aux conditions de la question, il négligea de les publier; nous verrons qu'il est possible d'utiliser une partie de son élégant travail. Poisson, en publiant le travail de Lagrange (*), a essayé de le compléter, ou plutôt de rendre une des solutions approchées applicable au cas particulier où toutes les tranches de gaz ont une même densité à l'origine du mouvement.

» 6. *Solutions obtenues au moyen des principes généraux de la mécanique.* — Un analyste aussi profond qu'Euler ayant échoué, ou plutôt ayant renoncé à attaquer directement la question, il parut prudent à cette époque de suivre une marche plus simple qui permît de se rapprocher davantage des conditions de la pratique, tout en n'empruntant à la mécanique rationnelle que deux principes généraux, le principe de la *conservation du mouvement du centre de gravité* et celui des *forces vives*, appliqués au système de la bouche à feu, du boulet et des produits développés par la combustion de la charge. Le premier de ces principes est d'une application très-facile dans le cas actuel, et fournit une première équation du mouvement. Le fréquent emploi qu'on a fait dans ces derniers temps du principe des forces vives aux ques-

---

(*) *Journal de l'École Polytechnique*, 21e cahier. Paris, septembre 1832, p. 187.

tions des diverses branches de la mécanique, a montré combien ce principe fécond apportait de simplicité dans la résolution des problèmes les plus compliqués. Dès lors il était naturel de chercher à s'en servir pour arriver à une deuxième équation du movement des gaz de la poudre, sans restreindre la question aux hypothèses admises jusqu'alors. On peut arriver ainsi aux solutions qui conviennent au tir ordinaire dans lequel la masse de la charge de poudre est comparable à celle du projectile, et tenir compte en même temps de la succession qui a lieu dans la formation des gaz, formation qui varie avec chaque espèce de poudre, en raison de la rapidité de son inflammation et de la durée de la combustion de ses grains. Il devient donc indispensable de commencer par rappeler les lois de la combustion des charges de poudre.

II. — Établissement de la question.

» 7. *Formation des gaz.* — L'uniformité de combustion de la matière dont les grains de poudre sont composés et la régularité de grosseur de ces grains permettent d'évaluer la quantité de composition brûlée à une époque quelconque et d'en déduire la densité moyenne des produits gazeux formés dans un espace d'une capacité déterminée, en tenant compte du volume des noyaux des grains ou des portions de la matière qui n'ont pas encore été atteintes par le feu. Si t' est le temps nécessaire pour la combustion complète de chaque grain, δ la densité de la composition dont les grains sont formés, et D la densité apparente qu'aurait la charge si, sans changer de poids, elle occupait toute la capacité dans laquelle elle est renfermée, on a pour la densité moyenne ρ des produits gazeux développés après le temps t, dans les cas où tous les grains peuvent être considérés comme enflammés en même temps,

$$\rho = D\frac{1-\left(1-\frac{t}{t'}\right)^3}{1-\left(1-\frac{t}{t'}\right)^3\frac{D}{\delta}}\ (*).$$

» Quand les dimensions de la charge ne sont pas très-faibles, et surtout quand les grains de poudre sont assez tassés pour empêcher la facile transmission du feu dans toute la longueur de cette charge et qu'ils remplissent complétement l'âme, il est nécessaire de tenir compte du temps que dure

(*) *Traité d'Artillerie théorique et pratique.* Partie théorique et expérimentale, *Propriétés et effets de la poudre;* 2e édition, Paris, 1859, p. 170 à 187.

l'inflammation successive des différentes tranches de la charge. La marche de la combustion des grains, combinée avec celle de l'inflammation ayant une vitesse v dans une charge cylindrique d'une longueur L et enflammée par l'une de ses bases, conduit à d'autres expressions pour la densité moyenne ρ des produits gazeux développés après le temps t; si v est la vitesse avec laquelle l'inflammation se propage, tant que t sera plus petit que t' et que $\frac{L}{v}$, on aura

$$\rho = D \frac{t - \frac{1-\left(1-\frac{t}{t'}\right)^4}{4} t'}{t - \frac{1-\left(1-\frac{t}{t'}\right)^4}{4} t' \frac{D}{\delta}}.$$

A partir de $t = t'$ et jusqu'à ce que $t = \frac{L}{v}$, ou que l'inflammation atteigne l'extrémité de la charge, on a

$$\rho = D \frac{t - \frac{1}{4} t'}{t - \frac{1}{4} t' \frac{D}{\delta}}.$$

Mais si on a $t' > \frac{L}{v}$, toutes les tranches de la charge sont en combustion à la fois, depuis $t = \frac{L}{v}$ jusqu'à $t = t'$, et

$$\rho = D \frac{L - \left[\left(1 - \frac{t - \frac{L}{v}}{t'}\right)^4 - \left(1 - \frac{t}{t'}\right)^4\right] \frac{vt'}{4}}{L - \left[\left(1 - \frac{t - \frac{L}{v}}{t'}\right)^4 - \left(1 - \frac{t}{t'}\right)^4\right] \frac{vt'}{4} \frac{D}{\delta}}.$$

Après $t = t'$ et $t = \frac{L}{v}$ les termes $\left(1 - \frac{t}{t'}\right)^4$ s'évanouissent (*).

» La force élastique des gaz qui correspond à ces densités moyennes des produits gazeux et qui s'exerce normalement contre les parois ou l'enveloppe de la charge à chaque instant du phénomène, s'évalue au moyen de l'expression suivante, déduite des expériences de Rumford, Y étant la pres-

(*) *Traité d'Artillerie, etc.*, p. 247 à 258.

sion exercée sur une surface de 1 centimètre carré, et exprimée en kilogrammes :

$$Y = 1^{\text{kil}},9408\,(928,5\,\rho)^{1+0,3714\,\rho}.$$

Quand ρ ne descend pas au-dessous de 0,25, on peut remplacer cette expression par celle-ci :

$$Y = (100\,\rho)^{2,031}.$$

Enfin quand ρ varie entre 0,08 et 0,45, on peut prendre

$$Y = 110^{\text{kil}} + 10000^{\text{kil}}\,\rho^2 \ (*).$$

» 8. *Détente des gaz.* — Tels sont les effets des gaz de la poudre contre les parois des enveloppes qui les contiennent, lorsque ces parois sont immobiles, ou reliées entre elles de manière à ne pas permettre au gaz d'augmenter de volume au delà d'une capacité déterminée. Dans ce cas, la densité moyenne des fluides élastiques est proportionnelle à la quantité de poudre brûlée ; il en serait toujours ainsi, à moins que cette quantité ne fût tellement faible, relativement à l'étendue de l'enveloppe, au peu d'élévation de température ou aux propriétés conductrices du calorique des parois et du milieu ambiant, qu'une partie des substances gazeuses ne se condensât, par suite des pertes de chaleur, avant que l'effet fût produit. Le problème est beaucoup plus compliqué dans le tir des bouches à feu ; les parois de la partie de l'âme qui contient la charge sont, il est vrai, sensiblement inextensibles et empêchent toute expansion de gaz dans le sens latéral ; mais le fond de l'âme et le projectile n'étant pas reliés ensemble, les pressions des couches de gaz qui sont en contact avec ces mobiles, les mettent en mouvement dans la direction de l'axe de la pièce, et dans deux sens opposés. La dilatation que ces tranches éprouvent par suite du recul de la bouche à feu et du mouvement du projectile, diminue leurs tensions qui deviennent alors inférieures à celles des tranches voisines ; celles-ci se dilatent aussi en poussant devant elles les tranches extrêmes ainsi que les mobiles, et diminuent également de tension : mais ces deux effets sont un peu moindres que dans les premières tranches, attendu que pour ces secondes tranches, la masse à mouvoir est plus grande, puisqu'elle est augmentée de la masse des gaz qui la sépare du mobile et s'y ajoute. Les mêmes effets de dilatation et de déplacement se propagent ainsi de tranche en tranche, à partir des deux extrémités

(*) *Traité d'Artillerie, etc.*, p. 354 à 360.

de la charge, mais ils vont en diminuant à mesure que la masse de gaz déplacée augmente; il arrive enfin qu'une tranche intermédiaire, située entre deux couches se mouvant en sens contraires, éprouve une diminution de pression sur les deux faces opposées, et se dilate des deux côtés sans que son centre de gravité se déplace. Toutes les autres tranches, au contraire, participent plus ou moins au mouvement, soit de la pièce, soit du projectile, depuis celles qui sont voisines de la tranche en repos qu'on vient de considérer et qui n'ont qu'un mouvement très-lent, jusqu'à celles qui sont en contact avec les mobiles et qui sont animées des mêmes vitesses qu'eux. Chaque tranche tend ainsi par sa force d'expansion à accélérer le mouvement de l'un des mobiles et celui des couches de gaz qui sont interposées entre elle et lui; mais comme elle ne se dilate qu'autant que sa force élastique peut vaincre l'inertie de la masse placée devant elle, il faut que la tension augmente avec la quantité de gaz qui la sépare du mobile et s'ajoute à cette masse à mouvoir; de sorte qu'aussitôt que le mouvement commence, la densité des gaz varie d'une tranche à une autre, et elle est d'autant plus grande, que la tranche est plus voisine de la tranche immobile, où se trouve le maximum de densité et de tension.

» 9. *État initial des gaz.* — Comme en général le projectile commence à se mouvoir avant que la combustion de la charge soit complète, les gaz formés à cette époque ne se trouvent pas répartis uniformément dans toutes les tranches : l'inflammation de chaque partie de la charge n'ayant pu avoir lieu que successivement, les tranches les plus voisines du point d'application du feu contiennent évidemment plus de gaz que celles qui en sont éloignées. Si le feu a été mis à la charge, comme cela a lieu ordinairement, vers le fond de l'âme, en un point voisin de l'emplacement de la tranche de gaz qui doit rester immobile, le décroissement de densité des gaz a lieu, de chaque côté de cette tranche, dans le sens exigé par le mouvement des diverses parties du système, ainsi qu'on l'a vu dans le paragraphe précédent; de sorte que dans les premiers instants il n'y a pas lieu à un très-grand déplacement des gaz, attendu que chacun de ces décroissements de densité n'est pas très-prononcé à cette époque. Mais si au contraire l'inflammation commence en un point voisin du projectile, la répartition des gaz formés présente un décroissement de densité des gaz dans un sens opposé à celui qui tend à s'établir par suite du mouvement des mobiles. De cette répartition primitive des gaz inverse de celle qui doit s'établir plus tard, il résulte que, les gaz des tranches qui doivent se dilater le plus étant plus denses que les autres, les différences de densités s'affaiblissent à mesure

que le mouvement s'effectue; et il pourrait arriver que, dans les premiers instants et pour certaines grandeurs de charge, grosseurs de grains, poids du projectile et de la pièce, etc., les différences de densité fussent assez petites pour qu'on pût supposer, sans grande erreur, que les gaz ont la même densité dans toute la longueur de la charge. Ce cas particulier de la question, le seul qui ait été admis par les anciens auteurs, Euler excepté, ne peut être supposé exister dans la pratique, que pour des charges excessivement faibles par rapport au projectile, tirées dans des armes très-courtes ; on le traitera toutefois et on commencera par là, parce que sa solution n'exige que des considérations de la plus grande simplicité, et peut s'obtenir sans employer une haute analyse.

III. — Hypothèse d'une densité uniforme des gaz dans tout l'espace qu'ils occupent dans l'ame.

» **10.** *Mouvement du centre de gravité.* — Le mouvement du centre de gravité des différentes parties, pièce, boulet et charge, ne devant pas changer quelles que soient les forces qui se développent dans l'intérieur du système, et dans le cas qu'on considère, tout étant en repos avant l'explosion de la poudre, la quantité de mouvement du boulet mv devrait être égale à celle de la bouche à feu MV, si l'on pouvait négliger la masse de la poudre; mais dans la pratique le poids de la charge est comparable à celui du boulet, et une portion notable des gaz se meut dans le même sens que le projectile avec une très-grande vitesse; il est donc nécessaire de tenir compte de la quantité de mouvement de la poudre. La masse totale de la charge μ étant supposée, dans le cas actuel, être répartie uniformément entre les tranches extrêmes qui sont animées respectivement des vitesses v et V des mobiles, avec lesquelles elles sont en contact, la tranche située au milieu de la longueur et contenant le centre de gravité, sera animée de la vitesse moyenne $\frac{v-V}{2}$ dans le même sens que celle du projectile, et la quantité de mouvement $\frac{\mu}{2}(v-V)$ devra être ajoutée à celle du boulet ; on aura ainsi

$$(A) \qquad mv+\mu\left(\frac{v-V}{2}\right)=MV, \quad \text{ou} \quad \left(m+\frac{\mu}{2}\right)v=\left(M+\frac{\mu}{2}\right)V.$$

Les vitesses des deux mobiles resteront ainsi toujours dans un rapport constant, et la tranche qui divisera la longueur de la charge en deux parties qui

soient dans ce même rapport, restera immobile pendant toute la durée du phénomène.

» **11**. *Somme des forces vives.* — Dans la même hypothèse de l'uniformité de répartition des gaz dans toute la partie de l'âme comprise entre le fond de l'âme et le derrière du projectile, la vitesse de chaque tranche est proportionnelle à sa distance à la tranche en repos placée au centre de gravité du système; chaque partie de la charge ayant un poids proportionnel à sa longueur, la portion μ' qui se meut dans le même sens que le boulet est

$$\frac{\mathrm{M}+\frac{\mu}{2}}{\mathrm{M}+m+\mu}\mu=\frac{v}{v+\mathrm{V}}\mu=\mu';$$

la portion μ'' qui se meut dans le même sens que la pièce est

$$\frac{m+\frac{\mu}{2}}{\mathrm{M}+m+\mu}\mu=\frac{\mathrm{V}}{v+\mathrm{V}}\mu=\mu''.$$

Si on divise la portion de charge μ' en q tranches très-minces ayant des vitesses uniformément croissantes de o à v, on aura pour la somme des produits de la masse de chaque tranche par le carré de sa vitesse :

$$\begin{aligned}\frac{\mu'}{q}\left(\frac{v^2}{q^2}+\frac{4v^2}{q^2}+\frac{9v^2}{q^2}+\ldots+\frac{q^2v^2}{q^2}\right)&=\frac{\mu'v^2}{q^3}(1+4+9+\ldots+q^2)\\&=\frac{\mu'v^2}{q^3}\frac{q(q-1)(2q+1)}{2.3};\end{aligned}$$

le nombre q des tranches peut toujours être supposé assez grand pour que cette expression devienne

$$\frac{\mu'v^2}{q^3}\times\frac{q^3}{3}=\frac{\mu'v^2}{3}=\frac{\mu}{3}\frac{v^3}{v+\mathrm{V}},$$

qui sera la somme des forces vives de toutes les tranches qui se meuvent dans le même sens que le boulet. On aura également pour la somme des forces vives de la portion de charge qui se meut dans le même sens que la pièce

$$\frac{\mu}{3}\frac{\mathrm{V}^3}{v+\mathrm{V}}.$$

La somme des forces vives acquises par les différentes parties du système

depuis le commencement du mouvement sera donc

$$mv^2 + MV^2 + \frac{\mu}{3}\frac{v^3 + V^3}{v + V} = mv^2 + MV^2 + \frac{\mu}{3}(v^2 + V^2 - vV)$$
$$= \left(m + \frac{\mu}{3}\right)v^2 + \left(M + \frac{\mu}{3}\right)V^2 - \frac{\mu}{3}vV.$$

» **12**. *Quantité de travail développée par la détente des gaz.* — La quantité de travail développée par les gaz pendant leur détente dans l'âme de la pièce s'exprime par le produit de la pression p sur l'unité de surface, par la section πc^2 du vide de l'âme et par le chemin parcouru par les tranches. Or la pression exercée par chaque tranche sur sa voisine est fonction de la densité ρ des gaz, et comme dans le cas traité en ce moment cette densité est la même dans toute l'étendue qui sépare le projectile du fond de l'âme, ρ est en raison inverse de la distance de ces deux mobiles, qui était α à l'origine du mouvement, et qui est θ au moment que l'on considère. Si D est le rapport du poids de la charge au poids de la quantité d'eau que contiendrait le volume de l'âme occupé primitivement par cette charge, on a, quand toute la poudre est brûlée,

$$\rho = \frac{D}{\theta}.$$

Si la tension p des gaz varie alors comme la puissance n de la densité, ou que $p = k\rho^n$, on aura

$$p = \frac{kD^n\alpha^n}{\theta^n},$$

et le travail pendant un très-petit parcours h de l'âme par le projectile sera

$$\frac{\pi c^2 k D^n \alpha^n h}{\theta^n} = \frac{ah}{\theta^n}$$

en faisant

$$a = \pi c^2 k D^n \alpha^n.$$

Pour les parcours suivants θ augmenterait, et par suite la pression et le travail diminueraient, de manière que l'évaluation du travail, pendant plusieurs instants, dépend de la sommation des valeurs successives que prend l'expression précédente à mesure que θ varie. Cette évaluation peut être faite facilement par les quadratures, ou bien comme précédemment (**11**) en partant de $\theta = h$ et supposant un très-grand nombre q de petits parcours tous égaux à h, de manière que $\theta = qh$; la somme des quantités de tra-

vail de toutes ces tranches serait

$$\frac{ah}{h^n} + \frac{ah}{2^n h^n} + \frac{ah}{3^n h^n} + \ldots + \frac{ah}{q^n h^n} = \frac{a}{h^{n-1}}\left(1 + \frac{1}{2^n} + \frac{1}{3^n} + \frac{1}{4^n} + \ldots + \frac{1}{q^n}\right)$$

$$= \frac{a}{h^{n-1}}\left(C - \frac{1}{(n-1)\,q^{n-1}}\right) = a\left(\frac{C}{h^{n-1}} - \frac{1}{(n-1)\,\theta^{n-1}}\right);$$

mais le travail est nul à l'origine du mouvement ou quand $\theta = \alpha$, on a donc

$$\frac{C}{h^{n-1}} = \frac{1}{(n-1)\,\alpha^{n-1}},$$

et la quantité de travail devient

$$a\left(\frac{1}{(n-1)\,\alpha^{n-1}} - \frac{1}{(n-1)\,\theta^{n-1}}\right) = \frac{\pi c^2 k D^n \alpha^n}{n-1}\left(\frac{1}{\alpha^{n-1}} - \frac{1}{\theta^{n-1}}\right).$$

» Dans l'hypothèse où tous les gaz seraient formés à l'origine du mouvement, comme dans les fusils à vent et dans les armes à vapeur, et où il n'existerait aucune perte par la lumière et par le vent, comme dans les armes à percussion et avec les projectiles forcés, toute la quantité de travail serait employée à pousser la pièce et le boulet jusqu'à la sortie de ce dernier de l'âme, dont la longueur sera représentée par l; il vient alors pour l'équation des forces vives

$$\text{(B)}\qquad \left(m + \frac{\mu}{3}\right)v^2 + \left(M + \frac{\mu}{3}\right)V^2 - \frac{\mu v V}{3} = \frac{2\pi c^2 k D^n \alpha^n}{n-1}\left(\frac{1}{\alpha^{n-1}} - \frac{1}{l^{n-1}}\right).$$

» Les équations (A) et (B) donnent toutes les solutions des anciens auteurs; mais ceux-ci ne tenant aucun compte du recul de la pièce, il faut faire $V = 0$; de plus la plupart d'entre eux négligent la masse de la poudre, ou supposent $\mu = 0$ et font $n = 1$; dans ce dernier cas l'expression du double de la quantité de travail devient $2\pi c^2 k D \alpha \log \frac{l}{\alpha}$.

» Mais d'après ce qu'on a vu précédemment (7), si on veut appliquer cette solution aux gaz de la poudre, dans le cas, par exemple, où le projectile est très-lourd et la charge assez petite pour être considérée comme entièrement comburée au moment du déplacement des mobiles, on a toujours pour n une valeur plus grande que l'unité, et qui en moyenne est voisine de 2, car les valeurs que ρ peut prendre dans le tir ordinaire, dépassent rarement 0,45; la valeur $Y = 110^{\text{kil}} + 10000^{\text{kil}}\rho^2$ (7) paraîtrait donc devoir convenir dans ce cas, si les parois de l'âme du canon étaient élevées à une

température voisine de 300 degrés, comme dans les expériences de Rumford; mais ces parois s'élèvent au plus au tiers de cette température après un tir très-prolongé; on doit donc avoir $p < Y$. Prenant comme valeur approchée $p = k\rho^2 = 10000^{\text{kil}}\rho^2$, on aura pour le double de la quantité de travail développée par les gaz de la poudre $20000^{\text{kil}}\pi c^2 D^2 \alpha \left(1 - \frac{\alpha}{l}\right)$, expression qui convient mieux que la précédente pour le cas des gaz de la poudre.

» Dans une prochaine séance on développera une solution plus approchée, et enfin, dans une troisième séance on donnera la solution complète de la question du mouvement des gaz de la poudre. »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Démonstration de la loi de M. Foucault sur la tendance transversale d'un point qui se déplace à la surface de la terre. — Évaluation de la force qui produit dans les rivières la tendance à l'érosion des rives; par* **M. Babinet.**

« Voici la liste des principaux instruments et des principaux phénomènes où se manifeste l'effet produit par le mouvement rotatoire de la terre autour de son axe :

» 1°. Le pendule de M. Léon Foucault, qui à chaque oscillation dévie à sa droite d'une quantité angulaire égale à $\omega \sin \lambda$.

» 2°. Le gyroscope, ou plutôt les diverses sortes de gyroscopes du même savant, lesquels, pour l'extrémité d'un index de 1 mètre de longueur, donnent en France un déplacement d'environ 1 millimètre pour 18 ou 20 secondes de temps.

» 3°. L'expérience de M. Perrot, où la vitesse minime du liquide vers le centre du vase donne à la terre le temps de se déplacer sensiblement, même pour une marche très-petite des molécules liquides qui vont de la circonférence au centre.

» 4°. La chute vers l'est des corps tombant en chute libre.

» 5°. La chute vers le sud des mêmes corps, circonstance encore inexpliquée, mais qui paraît mise hors de doute par l'expérience (1).

» 6°. La chute vers l'ouest des projectiles lancés verticalement, quantité considérable qui, suivant Laplace, serait de 129 mètres pour une vitesse initiale de 500 mètres, abstraction faite de la résistance de l'air. J'ai vérifié son calcul de deux manières.

---

(1) J'apprends de M. Verdet que cette déviation a été étudiée expérimentalement et théoriquement par M. Rundell. *Cambridge Mathematical Journal*, t. IV.

» J'ajouterai ici le transport vers l'ouest par un temps calme des sables et des gaz volcaniques projetés à une très-grande hauteur.

» 7°. Déviation à droite, dans l'hémisphère nord, d'un corps marchant sur un plan horizontal, et sa trajectoire apparente courbée en parabole.

» (Notez que si le corps roule, sa masse influe sur la quantité de sa déviation.)

» 8°. Déviation à droite d'un corps qui suit un plan incliné, soit en montant, soit en descendant.

» 9°. Déviation à droite d'un projectile à trajectoire peu courbé (boulet et balle) et des projectiles tirés sous un grand angle de hauteur (bombes).

» 10°. Les deux circuits que forment les eaux dans les deux bassins de la Méditerranée, et qui marchent à gauche pour un observateur placé vers le centre de chaque bassin. Même chose pour le bassin de la mer Noire, pour celui de l'Adriatique, pour celui de la mer Caspienne, et enfin pour celui du lac Aral.

» 11°. Le grand circuit des eaux dans la partie nord de l'Atlantique et le circuit encore plus vaste du Pacifique nord, l'un et l'autre tournant à droite de l'observateur placé vers le centre, la partie sud de l'un et de l'autre courant circulaire allant vers l'ouest et la partie nord marchant à l'est ; plus trois autres circuits bien moins importants, dirigés à gauche, et occupant l'Atlantique sud, le Pacifique sud et la mer des Indes; enfin les deux circuits circompolaires marchant l'un et l'autre vers l'est.

» 12°. Les vents alizés et leurs deux contre-courants du nord et du sud.

» 13°. La rotation rapide de la direction d'où vient le vent quand son intensité se soutient constante, et qui fait, suivant la célèbre loi de Dove, virer le vent en quelques heures du nord vers l'est, puis vers le sud, puis vers l'ouest, pour qu'il redevienne enfin un vent du nord, faisant souvent ainsi une rotation apparente de plus d'une circonférence entière, et dont la théorie complète et la constance autrement inexplicable ne résultent que de la loi de M. Foucault $\omega \sin \lambda$, suivant tous les azimuts.

» 14°. La rotation vers la gauche (pour un observateur situé au centre) des cyclones ou tornados des latitudes moyennes de l'hémisphère nord, tornados qui n'ont pas lieu dans les mers équatoriales, pour lesquelles $\sin \lambda = 0$.

» 15°. L'effet du vent sur une mer peu étendue, effet qui, d'après la loi de M. Foucault, tend à lui imprimer un mouvement toujours dirigé dans le même sens, de quelque point de l'horizon que le vent vienne à souffler.

» 16°. La déviation incontestable et considérable des eaux des fleuves

quand ils entrent dans la mer ou dans les grands lacs, portant à droite dans notre hémisphère les troubles qu'ils charrient avec leurs eaux.

» 17°. La faible tendance vers la droite des rivières du nord, tendance dont je vais évaluer l'intensité tout à l'heure.

» Ma mémoire ne me fournit pas en ce moment d'autres phénomènes ou expériences en relation avec le mouvement de rotation du globe. On peut cependant encore mentionner la petite déviation qu'éprouve un mobile qui suit un grand cercle de la sphère, au lieu de rester sur le parallèle tangent à ce grand cercle, qui porte le nom de *premier vertical*, et qui est dirigé à l'origine de l'est à l'ouest. Cette déviation est l'excès de l'hypoténuse d'un triangle sphérique rectangle ayant un côté très-petit sur le grand côté de ce triangle. Comme les Tables, même à 7 décimales, ne donnent rien de précis pour les cosinus des angles qui avoisinent 90 degrés, j'ai cherché la formule d'approximation qui donne directement cette déviation, et j'ai trouvé que pour une distance de a mètres, à partir du point de contact, la distance entre le grand cercle et le parallèle est exprimée par

$$\frac{a^2}{2R}\sin\lambda,$$

R étant le rayon de la terre et λ la latitude du lieu. Si l'on prend, par exemple, $R = 6370300$ mètres et $a = 637$ mètres, comme d'ailleurs dans les environs de Paris $\sin\lambda = \frac{3}{4}$, on trouvera la quantité, dont le grand cercle dévie alors du parallèle, égale à 24 millimètres.

» *Démonstration du théorème de M. Foucault.* — Si le corps se meut suivant le méridien avec une vitesse a (vers le nord par exemple), il passe en 1 seconde d'une latitude λ à une latitude $\lambda + \frac{a}{R}$, R étant le rayon de la terre, et la différence entre la vitesse $\omega R\cos\lambda$, qui a lieu à une latitude λ, et la vitesse $\omega R\cos\left(\lambda + \frac{a}{R}\right)$, qui convient à la latitude $\lambda + \frac{a}{R}$, donne de suite pour le mobile une vitesse relative égale à

$$\omega R\cos\lambda - \omega R\cos\lambda\cos\frac{a}{R} + \omega R\sin\lambda\sin\frac{a}{R};$$

or $\cos\frac{a}{R} = 1$, $\sin\frac{a}{R} = \frac{a}{R}$. La vitesse relative est donc

$$\omega a\sin\lambda.$$

Tout le monde convient de ceci.

» Maintenant supposons toujours le corps libre et allant en 1 seconde

d'une quantité a vers l'ouest par exemple, en sens contraire du mouvement de la terre. Le point de la terre qui, au moment du départ du projectile, était dans l'horizon à l'ouest, aura marché obliquement à cet horizon, dans un cercle parallèle à l'équateur, d'une quantité égale à ωa. Ce mouvement, rapporté à l'horizon, que le mobile ne quitte pas, sera égal à ωa multiplié par le cosinus de l'angle que forme l'équateur avec cet horizon, angle égal à $90° - \lambda$. Ce produit est donc

$$\omega a \cos(90° - \lambda) = \omega a \sin\lambda.$$

» Ainsi le vertical qui contient le mobile sera séparé en 1 seconde du vertical dirigé à l'ouest d'une quantité angulaire $\omega \sin\lambda$ et à la distance a d'une quantité linéaire égale à $\omega a \sin\lambda$. Or le point du parallèle étant porté vers le sud, le mouvement apparent du mobile sera vers le nord, c'est-à-dire vers la droite de l'observateur regardant vers l'ouest.

» Même raisonnement si le mobile va vers l'est. Alors son mouvement apparent est vers le sud, qui se trouve à droite de l'observateur.

» Voici maintenant comment on passera au cas général d'un corps animé d'une vitesse a, et faisant par exemple avec la ligne nord un angle quelconque φ. Soit A le point d'où part le mobile et B celui où il arrive en 1 seconde, en sorte que $AB = a$. Il est évident que l'on peut considérer le point A comme animé de deux vitesses qui se composent suivant AB : l'une, dirigée vers le nord, sera $a \cos\varphi$; l'autre, dirigée à l'est par exemple, sera $a \sin\varphi$.

» La première vitesse engendrera une tendance à droite, c'est-à-dire vers l'est, c'est-à-dire vers la droite de AB, égale à

$$\omega a \sin\lambda \cos\varphi;$$

décomposant cette force en B suivant une perpendiculaire à la direction primitive AB, elle devient

$$\omega a \sin\lambda \cos^2\varphi.$$

» L'autre vitesse $\omega a \sin\lambda \sin\varphi$, étant dirigée vers l'ouest, donnera naissance en B à une tendance à droite vers le nord égale à

$$\omega a \sin\lambda \sin\varphi.$$

Cette vitesse relative, étant décomposée en B suivant une perpendiculaire à AB, devient

$$\omega a \sin\lambda \sin^2\varphi,$$

et le point B aura été déplacé en 1 seconde, relativement à la direction pre-

mière AB du mouvement, d'une quantité

$$\omega\alpha\sin\lambda(\sin^2\varphi + \cos^2\varphi) = \omega a \sin\lambda.$$

» Ainsi, quelle que soit la direction AB, la déviation linéaire vers la droite sera toujours la même, savoir $\omega a \sin\lambda$. La déviation angulaire, qui est toujours $\omega\sin\lambda$, reste aussi toujours la même. Ainsi un gyroscope à plan invariable, muni d'un index de 1 mètre, compté à partir du centre, montrerait dans tous les azimuts une déviation égale, et l'extrémité de l'index indiquerait en France un déplacement de 1 millimètre pour 18 ou 20 secondes de temps, et cela d'une manière continue.

» *Evaluation de la force avec laquelle les rivières pressent leur rive droite.* — D'après le théorème de M. Foucault, et d'après ses expériences du pendule et du gyroscope, la déviation angulaire $\omega\sin\lambda$ est en France telle, qu'un corps qui persisterait à garder son plan de mouvement verrait en trente-deux heures tous les points de l'horizon décrire une circonférence entière. Ainsi en huit heures, ce serait 90 degrés. Ainsi un cours d'eau comme le Rhône allant vers le sud, s'il conservait sa direction primitive et s'il n'était pas continuellement défléchi par le lit du fleuve, ce courant, dis-je, au bout de huit heures, rencontrerait à angle droit la rive droite dirigée alors de l'est à l'ouest et qui lui barrerait le chemin. Il est évident que ce courant a tourné de 90 degrés en huit heures, et l'infléchissement d'une grande masse d'eau suivant un angle de 90 degrés sans perte de vitesse, a dû exiger un emploi de force considérable. Notre confrère M. le général Morin a très-bien dit que dans les ouvrages de M. Poncelet on trouvait le calcul de cas analogues à la déflexion d'un courant qui suit une courbe quelconque. Je ferai remarquer, en conservant l'assimilation très-lucide de M. Morin, que la puissance des turbines indique une réaction énergique d'un liquide ainsi infléchi dans son cours. Si l'on compose deux forces égales faisant entre elles un angle de 120 degrés, on aura une résultante égale à chacune des deux forces, et faisant un angle de 60 degrés avec chacune d'elles. Donc, pour déplacer de 60 degrés dans sa direction et sans la diminuer une force quelconque, il faudrait dépenser une force égale, une quantité de travail égale à la quantité de travail que contient le corps animé de la vitesse primitive, quantité égale à ce qu'il faudrait pour arrêter le mobile. Or, en cinq heures de temps à peu près, les rives d'un fleuve de France tournent suivant l'horizon, de ces mêmes 60 degrés. Ainsi, malgré la longueur de ce temps, cinq heures, nous allons voir que la force qui résulte de la déflexion par seconde, savoir $\omega\sin\lambda$, n'est pas négligeable.

» Soit un fleuve marchant avec une vitesse constante de 1 mètre par seconde. A chaque mètre que l'eau parcourra, elle subira une déviation d'à peu près $\frac{1}{20}$ de millimètre, comme nous l'avons dit. C'est donc une force qui, agissant perpendiculairement au courant, l'infléchit de $\frac{1}{20}$ de millimètre en 1 seconde, tandis que, si la pesanteur agissait de même pendant 1 seconde, elle infléchirait la marche d'un mobile de $\frac{1}{2}g$ que je prends égal à 5 mètres. Il est plus régulier de mesurer les forces par les vitesses qu'elles engendrent, et nous dirons que, tandis que la pesanteur qui fait dévier un mobile de 5 mètres en 1 seconde, lui donne une vitesse de 10 mètres en 1 seconde, l'action de la rive qui infléchit la direction de l'eau de $\frac{1}{20}$ de millimètre par seconde est une force qui, en 1 seconde, lui donnerait une vitesse de $\frac{1}{10}$ de millimètre. Ainsi l'action exercée par la rive sur le courant, et par suite la réaction du courant sur la rive, est à la pesanteur comme $\frac{1}{10}$ de millimètre est à 10 mètres; elle en est donc environ la *cent-millième partie*. Mais remarquons que la rivière tout entière, dans toute sa largeur l, subit l'inflexion, et que chaque filet d'eau est infléchi de cette quantité $\frac{1}{20}$ de millimètre correspondant à une force de $\frac{1}{10}$ de millimètre, ou bien le cent-millième de la pesanteur. Or la pression latérale d'un cours d'eau d'une largeur l soumis à une force $\frac{1}{100000}$ est égale à celle d'un cours d'eau qui n'aurait qu'une largeur égale à $\frac{l}{100000}$, mais qui serait soumis à la pesanteur entière dans le plan de l'horizon et vers la droite. En d'autres termes, la pression latérale d'un cours d'eau d'une largeur l est la même que le poids d'un courant d'eau ayant une hauteur égale à $\frac{l}{100000}$. Ainsi, pour une rivière ayant 10 kilomètres de large, la pression sur la rive droite serait la même que celle qu'un courant d'eau profond de 1 décimètre exercerait sur son fond, et la vitesse étant égale de part et d'autre, l'effet d'érosion serait le même à circonstances égales; mais tout le monde voit de suite qu'un terrain meuble, attaqué de côté et verticalement, est bien moins résistant qu'une même surface horizontale dont les parties détachées font obstacle à l'action du courant, tandis que les parties détachées par érosion d'une rive verticale

tombent au fond de l'eau et laissent complétement à découvert les parties qu'elles protégeaient.

» Si la vitesse par seconde était de plus de 1 mètre, la déflexion du courant serait autant de fois plus grande dans une seconde, et la force, comparée à la pesanteur, serait de ce même nombre de fois plus grande.

» On passera facilement à la formule générale, et l'on trouvera que, pour une rivière ayant une vitesse a par seconde et une largeur l, la rive droite est pressée comme est pressé le fond d'un cours d'eau ayant la même vitesse a et une profondeur égale à

$$\frac{2\omega a l \sin\lambda}{g},$$

avec cette circonstance que l'érosion latérale, favorisée par la chute des matériaux qui se détachent, est bien plus efficace que l'érosion qui s'exerce sur le fond d'un cours d'eau ayant une pression équivalente.

» *Post-scriptum.* — J'avoue mon ignorance sur le travail de M. Poisson, cité très à propos par M. le général Piobert dans le dernier *Compte rendu*. Pour une vitesse initiale presque horizontale de 400 mètres par seconde, et pour une portée de 200 mètres, *la déviation du tir trouvée par M. Poisson est à peine d'un demi-centimètre* (c'est notre ancienne vitesse initiale de 200 toises pour la balle du fusil de munition). Le temps d'un trajet de 200 mètres serait donc presque exactement de $\frac{1}{2}$ seconde. La formule de M. Foucault donne une déviation angulaire $\omega \sin a$, ce qui fait environ 10 secondes. Or 1 seconde est un peu moins de $\frac{1}{200000}$; la déviation linéaire serait donc un peu moins de $\frac{10}{200000}$ 200 mètres; le tout multiplié par le temps $\frac{1}{2}$. Cela fait un peu moins de $\frac{1}{2}\,\frac{200000}{200000}$ de centimètre, ou un peu moins de $\frac{1}{2}$ centimètre, ce qui est le résultat de Poisson. »

MÉCANIQUE. — *Observations au sujet de la communication de* M. Perrot *et de la Note de* M. Babinet *qui l'accompagne; par* M. Combes.

« Je me propose de faire voir que les phénomènes de mouvement observés par M. Perrot et l'excès de pression que les eaux courantes à la surface du globe exercent sur leur rive droite ou gauche, suivant qu'elles coulent dans l'hémisphère nord ou l'hémisphère sud, peuvent être expliqués par des con-

sidérations purement géométriques et les principes élémentaires de la mécanique, sans recourir au théorème de Coriolis sur le mouvement relatif d'un système de points matériels par rapport à des axes mobiles, théorème dont je suis bien loin d'ailleurs de méconnaître l'importance et l'utilité. Il me suffira, pour cela, de raisonner comme l'ont fait MM. Poinsot et Liouville, dans le sein de l'Académie, à l'époque où M. Foucault lui communiqua sa belle expérience sur la rotation apparente du plan d'oscillation du pendule.

» Imaginons qu'un jet d'eau sortant de la terre dans la direction verticale, soit reçu dans un tuyau cylindrique ouvert à ses deux extrémités par une tubulure également verticale située au milieu de sa longueur; que ce tuyau, placé horizontalement, soit en équilibre sur un pivot dont l'axe se confonde avec celui de la tubulure et qu'il soit entièrement libre de tourner dans le plan horizontal autour de l'axe du pivot, sans éprouver aucune résistance de la part du point d'appui ni du milieu ambiant. Les filets liquides dont le jet d'eau est formé, s'infléchissant d'un angle droit, se partageront également entre les deux moitiés du tuyau de part et d'autre de la tubulure et iront s'écouler par ses deux extrémités. Il est évident que, tout se passant symétriquement dans le plan horizontal des deux côtés de l'axe autour duquel le tuyau peut tourner, ses parois opposées seront également pressées par l'eau en mouvement et qu'il ne tournera ni dans un sens ni dans l'autre; il n'aura d'autre mouvement dans l'espace absolu que celui de translation commun avec le pivot fixé à la terre qui le supporte, mouvement dont les particules d'eau étaient elles-mêmes animées en jaillissant du sein de la terre dans son intérieur et que le tuyau vide possédait aussi (1). Mais, par cela même qu'il conserve une position invariable dans le plan horizontal, il paraîtra, aux yeux d'un observateur placé sur la terre et emporté avec elle dans son double mouvement de translation et de rotation, tourner dans le plan horizontal autour de l'axe de la tubulure et du jet d'eau, avec une vitesse angulaire égale à celle de la composante de la rotation de la terre autour de la verticale du lieu où l'eau jaillit, et dans un sens opposé à celui de cette rotation composante. Si l'expérience est faite au pôle nord, le tuyau aura pour l'observateur un mouvement apparent de rotation égal et directement opposé à celui de la terre, c'est-à-dire qu'il accomplira une révolution entière dans le même temps que la terre exécute une révolution complète autour de la ligne des pôles, soit la durée d'un jour, ce mouvement étant

(1) Je fais abstraction de l'influence de la masse du tuyau, que je considère comme une surface mathématique sans épaisseur.

dirigé vers la droite de chacun des courants d'eau de sens contraires qui coulent dans ses deux moitiés. Si l'expérience est faite au pôle sud, il en sera de même, avec cette seule différence que le mouvement apparent de rotation sera dirigé vers la gauche des courants d'eau. A l'équateur le tuyau paraîtra immobile. Ceci est tout à fait évident, lorsque l'on suppose que la situation initiale de son axe est dans le plan même de l'équateur. Si elle est oblique à ce plan, les points de la surface terrestre situés dans l'hémisphère boréal seront animés, dans la rotation du globe, d'une vitesse moindre que l'eau qui coule dans la moitié du tuyau qui se projette dans cet hémisphère, d'où résulterait pour cette moitié, si elle était isolée, une rotation apparente dirigée vers la droite du courant d'eau qui la parcourt; mais les points de la surface terrestre situés dans l'hémisphère austral seront aussi animés dans le sens de la rotation du globe, d'une vitesse moindre que l'eau qui coule dans la moitié du tuyau qui se projette au sud de l'équateur, d'où résulterait, pour cette moitié isolée, un mouvement apparent de rotation dirigé vers la gauche du courant. Les deux moitiés nord et sud du tuyau étant solidaires, les rotations apparentes qu'elles prendraient, si elles étaient isolées et qui sont égales et contraires, s'annulent réciproquement. En d'autres termes, le tuyau sera entraîné tout entier dans le mouvement de l'équateur terrestre par le pivot qui le supporte, autour duquel il ne tournera pas.

» Si l'expérience est faite entre le pôle et l'équateur, à la latitude λ, on remarquera que la rotation du globe autour de la ligne des pôles est équivalente à deux rotations, l'une autour de la verticale du lieu, l'autre autour de la perpendiculaire à cette verticale contenue dans le plan méridien et qui concourt avec elle sur la ligne des pôles; la vitesse angulaire de la rotation composante autour de la verticale sera $\omega \sin \lambda$, la vitesse angulaire autour de la droite perpendiculaire $\omega \cos \lambda$, ω désignant la vitesse angulaire de la terre autour de la ligne des pôles. Or notre tuyau est situé, par rapport aux deux parties de la surface terrestre séparées par le plan vertical perpendiculaire au méridien et voisines de ce plan, exactement comme il l'était, dans le cas que nous avons précédemment discuté, par rapport aux deux hémisphères nord et sud séparés par l'équateur terrestre. Donc la composante de la rotation de la terre, avec la vitesse angulaire $\omega \cos \lambda$, autour de la ligne perpendiculaire à la verticale du lieu de l'observation, ne saurait occasionner aucune rotation apparente du tuyau. Au contraire, la rotation composante, avec la vitesse angulaire $\omega \sin \lambda$, autour de la verticale, aura tout son effet et, par conséquent, le tuyau

paraîtra tourner autour de l'axe du jet d'eau, dans le plan horizontal, avec une vitesse angulaire $\omega \sin \lambda$, dans le sens opposé à celui de la rotation composante de la terre, c'est-à-dire, ainsi qu'il est aisé de le voir, vers la droite de chacun des courants qui passent dans les deux branches, si l'expérience a lieu au nord de l'équateur et vers la gauche de ces mêmes courants, si elle a lieu au sud. En vertu de cette rotation, le tuyau paraîtra décrire, pendant la durée d'une révolution complète de la terre autour de la ligne des pôles, une fraction de circonférence entière égale au rapport de $\sin \lambda$ à l'unité.

» Si l'expérience que je viens de décrire pouvait être réalisée, la rotation apparente du tuyau nous offrirait, suivant une expression de M. Poinsot, un signe permanent de la rotation de la terre et une mesure de cette rotation, comme l'élégant et ingénieux gyroscope de M. Foucault, ou comme le ferait une masse concentrée suivant la verticale d'un lieu et qui viendrait tout à coup à se développer symétriquement autour de cette verticale, ainsi que l'a indiqué notre illustre confrère. Le jet d'eau vertical s'épanchant symétriquement des deux côtés de la tubulure n'est pas autre chose que cette masse, qui se développe d'une manière continue.

» Maintenant si l'on veut obliger le tuyau à participer au mouvement de rotation de la terre, de manière qu'il paraisse immobile à un observateur qui est lui-même entraîné dans ce mouvement, il faudra évidemment lui appliquer un système de forces capables d'imprimer à chaque instant à la masse liquide qui circule dans son intérieur un mouvement réel de rotation égal et directement opposé à la rotation apparente qu'il prend, quand il est libre. Soit V la vitesse d'une particule liquide, dont la masse est m et qui est située, à la fin du temps t, à la distance l du milieu du tuyau. En vertu de la vitesse apparente de rotation, elle parcourt pendant l'instant infiniment petit dt un espace $\omega \sin \lambda \, l dt$ dans la direction perpendiculaire à l'axe du tuyau. Pendant cet instant, la particule liquide aura parcouru dans le tuyau un espace $V dt$ et la distance l sera devenue $l + V dt$; donc l'espace parcouru pendant l'instant suivant dans la direction perpendiculaire au tuyau, en vertu de la rotation apparente, sera $\omega \sin \lambda \, (l + V dt) \, dt$; ainsi l'espace parcouru dans ce deuxième instant, par le seul effet de l'impulsion de la force motrice apparente, est la quantité infiniment petite du second ordre $\omega \sin \lambda V dt^2$, expression qui ne renferme plus la distance l. La force motrice capable de produire le mouvement apparent de la particule liquide dans le plan horizontal est donc perpendiculaire à l'axe du tuyau ou à la vitesse V, et elle est exprimée par le produit $2 m \omega \sin \lambda V$ (on arrive précisément à la

même expression pour la projection horizontale du double de la force centrifuge composée, telle que la définit Coriolis). C'est donc là la force qu'il faut appliquer à chaque particule de masse m, se mouvant dans le tuyau avec la vitesse V, pour l'obliger à suivre le mouvement de rotation de la terre. Si le tuyau est lui-même enchâssé dans la croûte terrestre et entraîné par celle-ci, comme le sont les lits des cours d'eau, chaque particule liquide coulant dans son intérieur avec une vitesse V, quel que soit d'ailleurs son point de départ, exercera sur la paroi de ce tuyau qui vient la seconde, dans le sens de la composante de la rotation de la terre autour de la verticale, c'est-à-dire sur la paroi droite du courant, dans l'hémisphère nord, et la paroi gauche, dans l'hémisphère sud, une réaction ou pression horizontale, égale à $2m\omega\sin\lambda V$, qui se combinera avec son poids mg. Les mêmes effets auront lieu dans les cours d'eau naturels, quel que soit l'azimut de la vitesse V.

» La ligne suivant laquelle la surface d'un cours d'eau est coupée par un plan vertical perpendiculaire à la direction du courant, au lieu d'être exactement horizontale, doit être normale à la résultante de la force horizontale $2m\omega\sin\lambda V$ et de la force verticale mg. Elle sera donc inclinée à l'horizon d'un angle dont la tangente sera égale au rapport $\frac{2\omega\sin\lambda V}{g}$, en se relevant du côté de la rive droite, dans l'hémisphère nord, et vers la rive gauche, dans l'hémisphère sud. A la latitude moyenne de 45 degrés, on a

$$\sin\lambda = \frac{1}{2}\sqrt{2}$$

et la tangente de l'inclinaison transversale de la surface du courant devient

$$\frac{\omega V\sqrt{2}}{g} = \frac{6,28\sqrt{2}}{86400 \times 9,809} = 0,00001048\ V,$$

la vitesse V étant exprimée en mètres par seconde. Pour $V = 1$ mètre, l'inclinaison de la surface, dans le sens transversal au courant, serait d'environ 22 secondes; elle dépasserait 1 minute pour $V = 3$ mètres. Pour un fleuve large de 4 kilomètres et dont les eaux couleraient avec cette vitesse uniforme de 3 mètres, le relèvement de l'eau du côté de la rive la plus pressée atteindrait 12 centimètres.

» Les plus faibles brises de vent produisent sans contredit des dénivellations bien plus fortes que celle dont nous venons d'assigner la mesure. Il en est de même des plus légères sinuosités des cours d'eau, comme l'a remarqué M. Bertrand. Le calcul montre que, pour une vitesse de l'eau de 3 mètres par seconde, la poussée horizontale à laquelle donne lieu la

rotation de la terre, à la latitude de 45 degrés, contre l'une des rives, est à peu près la même que celle qui serait due à la courbure des filets liquides animés de cette vitesse et s'infléchissant le long d'une rive courbée suivant un rayon de plus de 29 kilomètres. Si nous ajoutons que la poussée due à l'inflexion des filets liquides suivant la courbure de la rive croît comme le carré de la vitesse, tandis que celle qui naît de la rotation du globe est proportionnelle à la simple vitesse; que les filets liquides voisins des rives sont animés en général de vitesses très-faibles, en raison des résistances occasionnées par le frottement, on comprendra que nous nous refusions, comme MM. Bertrand et Delaunay, à admettre, avec M. Babinet, que la rotation du globe ait exercé une influence appréciable sur les directions actuelles des cours d'eau et sur les modifications qu'elles subissent journellement, avec plus ou moins de lenteur. Si cette influence est sensible quelque part, ce ne pourrait être que dans les parties voisines des embouchures, où les fleuves coulent sur des atterrissements formés de limon qu'ils ont charrié. Au débouché dans la mer, le courant de leurs eaux tend à dévier vers la droite ou la gauche, en entraînant du même côté les matières en suspension. Mais, outre que ces effets sont troublés par des causes irrégulières ou périodiques, comme les vents et les marées, ils ne peuvent, semble-t-il, être en tous cas que très-faibles et peu étendus, en raison de la diminution considérable de vitesse que les eaux fluviales éprouvent en se mêlant aux eaux tranquilles, auxquelles elles communiquent leur mouvement.

» Je n'ai pas besoin de faire remarquer que l'explication précédente diffère essentiellement de celle que M. Babinet a donnée dans la dernière séance et qui est imprimée au *Compte rendu* (p. 687). Notre confrère n'introduit dans ses raisonnements et ses calculs que la force *centrifuge* due à la vitesse effective dont un point matériel est animé, suivant la circonférence d'un parallèle terrestre. Un calcul correct ne peut ainsi lui donner que la composante horizontale de la force qui pousserait les points de ce parallèle vers le pôle ou vers l'équateur, si la vitesse angulaire de rotation de la terre venait tout à coup à diminuer ou à augmenter de la vitesse relative a, qu'il prête au point matériel, divisée par le rayon du parallèle terrestre, c'est-à-dire, en employant ses notations, de $\frac{a}{R\cos\lambda}$. Or ce n'est là qu'une vue incomplète du sujet en discussion, où le seul point délicat est laissé de côté. Si, dans la Note imprimée au *Compte rendu*, notre confrère arrive à un résultat exact, c'est par suite d'une erreur de calcul que M. Liouville a du reste signalée, à l'audition de la Note. »

M. de Quatrefages dépose sur le bureau le manuscrit d'un Mémoire intitulé : « Nouvelles recherches sur les maladies des vers à soie ». Il annonce que plus tard il demandera à l'Académie la permission d'exposer en même temps les résultats obtenus pendant les deux missions qui lui ont été confiées.

M Serres présente son travail sur l'embryogénie, la zoogénie et la tératogénie. Ce travail fait partie des *Mémoires de l'Académie.*

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les ammoniaques diatomiques;* par **M. A.-W. Hofmann.**

« Des études sur les bases organiques me conduisirent en 1858 à répéter quelques expériences sur l'action réciproque entre l'ammoniaque et le dibromure d'éthylène que M. Cloëz (1) avait publiées en 1853. Cette répétition m'avait porté à contester les formules de M. Cloëz et surtout l'interprétation générale qu'il avait donnée à son travail : mes conclusions ont été communiquées à l'Académie (2). M. Cloëz (3) a discuté mes observations et exposé les arguments qui le déterminent à maintenir ses formules et ses interprétations. Je n'ai pas répondu à ces observations. M. Cloëz ayant annoncé dans la même Note qu'il était encore occupé de ses recherches et que son travail était presque complet, j'ai mis de côté mes expériences sur l'action réciproque entre l'ammoniaque et le dibromure d'éthylène, persuadé que le chimiste auquel la science est redevable de la découverte de cette réaction, arriverait, en poursuivant son travail, aux conclusions que j'avais énoncées. Mais, en renonçant à la continuation de la discussion avec M. Cloëz, je n'étais pas dégagé de l'obligation de prouver aux chimistes la nature diatomique des bases qui se forment par l'action des ammoniaques sur les bromures diatomiques. J'ai donné cette preuve dans une Note (4) communiquée à l'Académie il y a quelques mois. Les dérivés de l'aniline et de l'éthylamine, que j'ai décrits dans cette communication, ont tranché, à ce qu'il me semble, cette question d'une manière décisive. Ces recherches

---

(1) L'*Institut*, 1853, p. 213.
(2) *Comptes rendus*, t. XLVI, p. 255.
(3) *Comptes rendus*, t. XLVI, p. 344.
(4) *Comptes rendus*, t. XLVIII, p. 1085.

ont donné lieu de la part de M. Cloëz (1) à une nouvelle Note, dans laquelle il semble interpréter mon silence comme consentement tacite à une défaite; il rejette sans discussion toutes les formules que j'ai données pour les diammoniaques dérivant de l'aniline et l'éthylamine, me blâme d'avoir continué mes recherches sur les bases diatomiques sans avoir répondu aux observations émises de sa part dans les *Comptes rendus*. En présence de cette Note, je dois à M. Cloëz, je dois surtout à moi-même, de répondre et de réfuter, une à une, les objections qu'il a présentées à l'Académie. Pour mieux faire comprendre les arguments qu'on oppose à mes conclusions, je dois rappeler en deux mots le sujet de notre controverse.

» M. Cloëz admet que, dans l'action du dibromure d'éthylène sur l'ammoniaque, la molécule d'éthylène se scinde en radicaux différents appartenant aux trois groupes formique, acétique et propylique; ces radicaux, se portant sur *une* molécule d'ammoniaque dont ils remplacent 1 équivalent d'hydrogène, donneraient naissance à trois monamines primaires : la forménamine, l'acéténamine et la propénamine. Au contraire, selon l'opinion que j'ai exprimée, la molécule d'éthylène resterait intácte dans cette réaction et se fixant sur *deux* molécules d'ammoniaque, dont elle pourrait remplacer ou 2 ou 4 ou 6 équivalents d'hydrogène, elle produirait trois diamines appartenant à la même famille, une diamine primaire, une diamine secondaire et une diamine tertiaire.

» Exprimées en formules, nos idées se représentent de la manière suivante :

Formules de M. Cloëz.

$$\text{Forménamine}\quad C^2H^3Az = \left.\begin{matrix} C^2H \\ H \\ H \end{matrix}\right\} Az$$

$$\text{Acéténamine}\quad C^4H^5Az = \left.\begin{matrix} C^4H^3 \\ H \\ H \end{matrix}\right\} Az$$

$$\text{Propénamine}\quad C^6H^7Az\ (2) = \left.\begin{matrix} C^6H^5 \\ H \\ H \end{matrix}\right\} Az$$

(1) L'*Institut*, 1859, p. 233.

(2) M. Cloëz n'a jamais donné de formule pour la propénamine; la formule citée se trouve dans le livre de M. Cahours, t. II, p. 654.

Formules de M. Hofmann.

$$\text{Ethylène-diamine}\quad C^4H^8Az^2 = \left.\begin{matrix}(C^4H^4)''\\ H^2\\ H^2\end{matrix}\right\} Az^2$$

$$\text{Diéthylène-diamine}\quad C^8H^{10}Az^2 = \left.\begin{matrix}(C^4H^4)''\\ (C^4H^4)''\\ H^2\end{matrix}\right\} Az^2$$

$$\text{Triéthylène-diamine}\quad C^{12}H^{12}Az^2 = \left.\begin{matrix}(C^4H^4)''\\ (C^4H^4)''\\ (C^4H^4)''\end{matrix}\right\} Az^2$$

» C'était l'observation des propriétés physiques des bases en question et surtout l'impossibilité de représenter la formation de la première et de la dernière par des équations simples, qui m'avaient conduit à douter de l'exactitude des formules proposées par M. Cloëz; mais je n'aurais pas exprimé ces doutes, si en répétant l'analyse de la première base, de la forménamine, la moindre incertitude était restée dans mon esprit. Je ne devais pas hésiter à substituer une nouvelle formule à celle de M. Cloëz. Je n'avais pas examiné les deux autres bases, et je m'étais borné à dire qu'on trouverait probablement pour ces corps une constitution semblable à celle de la forménamine.

» Examinons maintenant les objections que M. Cloëz fait valoir contre mes analyses et contre mes arguments.

» *Dans l'hypothèse de M. Hofmann,* » dit ce chimiste, « *l'action de l'ammo-*
» *niaque sur les hydrocarbures chlorés ou bromés ne doit pas produire de chlor-*
» *hydrate ou de bromhydrate d'ammoniaque; la réaction doit avoir lieu purement*
» *et simplement entre les deux corps, sans que rien se sépare : il y a symmor-*
» *phose ou addition :*

$$» \; C^{2n}H^{2m}Cl^2 + 2H^3Az = C^{2n}H^{2m-1}(H^2Az)^2,\ 2HCl.$$

» *Mais l'expérience prouve que la réaction se fait avec élimination d'acide*
» *chlorhydrique et fixation des éléments de l'amide : il y a donc à la fois apo-*
» *morphose et symmorphose comme l'indique l'équation*

$$» \; C^{2n}H^{2m-1}Cl,\ HCl + 2H^3Az = C^{2n}H^{2m-1}(H^2Az),\ HCl + H^3Az,\ HCl. \;»$$

» M. Cloëz aurait parfaitement raison s'il ne se produisait dans cette réaction que la première base. Mais il oublie que dans l'action discutée, de

même que dans la réaction réciproque entre l'ammoniaque et le bromure d'éthyle, il se forme en outre plusieurs autres bases d'une substitution plus avancée. Les équations que je donne pour la production de la seconde et de la troisième base exigent également l'élimination du bromhydrate d'ammoniaque et même d'une grande quantité de ce sel :

$$2[(C^4H^4)''Br^2] + 4H^3Az = (C^4H^4)^{2''}H^2Az^2, 2HBr + 2(H^3Az, HBr),$$
$$3[(C^4H^4)''Br^2] + 6H^3Az = (C^4H^4)^{3''}Az^2, \quad 2HBr + 3(H^3Az, HBr).$$

» M. Cloëz est d'avis que la première base (la forménamine) n'est pas, comme je l'admets, le produit direct de l'action de l'ammoniaque sur le dibromure d'éthylène; qu'au contraire elle se forme par une réaction secondaire engendrée par la chaleur. Mes expériences ne confirment pas cette opinion. Un mélange de dibromure d'éthylène et d'ammoniaque alcoolique, laissé en contact pendant quelque temps à la température ordinaire, a déposé une quantité de cristaux dont j'ai pu extraire sans distillation, simplement par des cristallisations successives, des sels parfaitement purs de la première base, comme me l'a prouvé l'analyse du chlorhydrate et du chloroplatinate.

» En discutant les chiffres que j'avais obtenus dans l'analyse de la base hydratée et du chlorhydrate, M. Cloëz cite les nombres sur lesquels se fonde l'expression qu'il a donnée lui-même pour la forménamine. Que M. Cloëz me pardonne; mais je trouve que ses chiffres s'accordent beaucoup mieux avec la formule que je propose qu'avec la sienne. Voici les chiffres que nous avons obtenus dans l'analyse de la base hydratée et les valeurs théoriques des deux formules :

	Expérience de M. Cloëz.		*Expérience de M. Hofmann.*	
	Formule.	Analyse.	Formule.	Analyse.
Carbone........	32,58	31,12	30,76	30,67
Hydrogène......	10,52	12,77	12,82	12,97

» Chaque expérimentateur a le droit incontestable d'interpréter les chiffres de ses analyses; il le fera généralement mieux que tout autre, car il connaît ses méthodes. Mais, dans le cas qui nous occupe, peu de chimistes, je crois, auraient interprété le résultat de l'analyse comme M. Cloëz. Quant à moi, je préférerais toujours admettre avoir perdu 0,2 pour 100 d'hydrogène, plutôt que de calculer une formule demandant 2,25 pour 100 d'hydrogène de moins que la quantité fournie par l'expérience. Je le préférerais surtout dans l'analyse d'un corps comme la forménamine, très-avide d'acide car-

bonique, dont une trace même abaisserait l'hydrogène d'une manière très-sensible, et contenant une quantité d'hydrogène telle, que la présence même d'une petite quantité d'eau produirait un effet semblable.

» Les résultats que M. Cloëz a obtenus dans l'analyse du chlorhydrate ne supportent pas moins mes formules que son analyse de la base hydratée. M. Cloëz obtient 1,28 pour 100 d'hydrogène de plus que la quantité exigée par sa formule, tandis qu'en admettant ma théorie, il n'aurait perdu que 0,13 pour 100.

» J'ai examiné quelques autres sels de la base, et les résultats confirment les conclusions tirées de mes anciennes analyses. Il serait inutile de les citer ici; mais je veux communiquer les chiffres caractéristiques fournis par mon analyse de la base anhydre, parce que l'abaissement de l'équivalent rend plus saillantes les différences entre les valeurs théoriques des deux formules. La forménamine retient l'eau avec une énergie extrême, et ce n'est qu'avec difficulté qu'on l'obtient anhydre. Voici les résultats de l'analyse comparés aux chiffres théoriques des deux formules :

	Formule de M. Cloëz.	Formule de M. Hofmann.	Analyse.
	C^2H^3Az.	$C^4H^8Az^2$.	
Carbone.......	41,37	40,00	40,13
Hydrogène.......	10,34	13,33	13,31

» Ce n'est cependant pas dans les analyses que M. Cloëz trouve l'appui principal de ses formules et de sa théorie; il communique une observation qui, au premier coup d'œil, paraît fatale aux notions diatomiques.

« *Mais il y a un fait capital,* » continue ce chimiste, « *qui résout complétement la question: c'est la densité de vapeur de la base libre.* »

» Cette densité a été trouvée 1,42.

» *La densité calculée pour ma formule, rapportée à 4 volumes, est égale à* 1,315; *la formule modifiée par M. Hoffmann, rapportée également à 4 volumes, porterait la densité théorique à* 2,699.

» *Ces résultats me paraissent décisifs, et je n'hésite pas à maintenir les formules de la nouvelle série des bases dont j'ai indiqué le premier la production.* »

» Je partage l'opinion de M. Cloëz sur l'importance de la détermination des densités de vapeur, mais j'arrive à une interprétation bien différente de son résultat.

» En répétant l'expérience de cet habile chimiste, je suis arrivé, comme on devait s'y attendre, au même chiffre. Mais ce chiffre se rapporte à la *base hydratée,* et on reconnaît de suite que la molécule hydratée à l'état de va-

peur doit occuper 8 volumes. Maintenant la densité calculée pour la formule diatomique, rapportée à 8 volumes, est égale à 1,35, ce qui se confond avec le chiffre obtenu par l'expérience.

» Il est évident que sous l'influence de la chaleur la base hydratée doit se scinder en base anhydre (4 volumes), et en eau (4 volumes),

$$C^4 H^{10} Az^2 O^2 = C^4 H^8 Az^2 + 2HO;$$

et qu'au lieu de prendre la densité de l'hydrate intacte, on détermine en réalité la densité d'un mélange de base libre et d'eau, reproduisant la base hydratée par le refroidissement. Je rappellerai ici les observations de M. Bineau, de M. Kekulé et de M. Sainte-Claire Deville, qui ont chacun eu occasion de trouver la solution des densités anomales dans la décomposition transitoire des combinaisons soumises à l'expérience, et je citerai surtout une Note de M. Hermann Kopp (1), dans laquelle ce physicien distingué a traité la question des densités anomales d'une manière générale.

» Il y avait une expérience très-simple à faire pour vérifier cette manière de voir; il ne fallait que déterminer la densité de vapeur de la *base anhydre.*

» L'expérience faite avec un produit dont la pureté avait été constatée par l'analyse m'a conduit au chiffre 2,00 qui, en effet, se confond absolument avec la densité théorique de la formule diatomique $C^4 H^8 Az^2$, rapportée à 4 volumes. Cette densité théorique est 2,07, tandis que la formule de M. Cloëz, rapportée à 4 volumes, n'exige qu'une densité de 1,00.

» La molécule de l'éthylène-diamine, comme celle de toutes les combinaisons organiques bien examinées, correspond donc à 4 volumes, et la densité de vapeur de la base, loin d'être en désaccord avec la valeur moléculaire que j'assigne à cette substance, est plutôt une confirmation nouvelle et décisive de son exactitude.

» Les remarques précédentes sont, je l'espère, suffisantes pour établir ma formule sur une base solide. Je pourrais encore citer quelques expériences additionnelles sur les produits de la décomposition de l'éthylène-diamine. Soumise à l'action de l'acide nitreux, la base se décompose facilement en dégageant de l'azote. Il se forme comme produit intermédiaire un corps cristallisable, et la base finit par se transformer en acide oxalique. En même temps la réaction donne naissance à un liquide très-

(1) *Annales de Chimie et de Pharmacie,* t. CV, p. 390.

volatil, très-inflammable, d'une odeur rappelant celle de l'aldéhyde. A l'époque où je faisais cette observation, je pris ce liquide pour l'aldéhyde acétique; mais tous mes efforts pour obtenir la combinaison cristalline avec l'ammoniaque ou pour le transformer en acide acétique ayant échoué, je me suis abstenu de mentionner cette expérience dans la Note adressée à l'Académie. Je ne doute nullement maintenant que ce corps ne soit l'oxyde d'éthylène, découvert depuis cette époque par M. Wurtz. On aurait

$$C^4 H^8 Az^2 + 2 Az O^3 = 2 Az + C^4 H^4 O^2 + 4 HO.$$

» En préparant l'éthylène-diamine pour mes expériences, j'avais obtenu comme produit secondaire une petite quantité de la seconde base que M. Cloëz a décrite sous le nom d'acéténamine et pour laquelle je propose maintenant le terme diéthylène-diamine. Cette base, considérée comme diamine, demande absolument la même composition centésimale comme l'acéténamine de M. Cloëz. Aussi l'analyse que j'ai faite de la base libre et de quelques sels confirme pleinement les résultats obtenus par ce chimiste. Mais cette base n'est pas une monamine, elle ne contient pas la molécule d'acétyle; elle est une diamine, renfermant 2 molécules d'éthylène. L'acéténamine de M. Cloëz devrait s'obtenir en soumettant le chlorure, le bromure ou l'iodure de vinyle ($C^4 H^3 Cl$, $C^4 H^3 Br$ et $C^4 H^3 I$) à l'action de l'ammoniaque. Cette réaction ne fournit pas une trace de ce corps. Mais il y a une preuve plus concluante de la nature diatomique de ce corps et dont l'évidence ne sera pas contestée par M. Cloëz. C'est la détermination de la densité de vapeur. L'expérience m'a donné le chiffre 2,7. La formule diatomique $C^8 H^{10} Az^2$, rapportée à 4 volumes de vapeur, demande 2,9. Selon l'avis de M. Cloëz, on aurait dû trouver une densité de 1,45.

» Les expériences précédentes, quoique fixant, à ce qu'il me paraît, d'une manière satisfaisante et la composition et l'équivalent des deux diammoniaques, ne dévoilent par leur constitution moléculaire, leur degré de substitution.

» J'ai essayé de résoudre ce problème en soumettant les deux corps à l'action de l'iodure d'éthyle, procédé que j'ai employé le premier dans ce but et qui depuis ce temps est devenu d'une application très-générale. Cette méthode devait fournir en outre une décision définitive entre les deux théories.

» En considérant avec M. Cloëz les deux bases comme monamines pri-

maires appartenant aux deux groupes formique et acétique

$$\left.\begin{matrix} C^2H \\ H \\ H \end{matrix}\right\} Az, \qquad \left.\begin{matrix} C^4H^3 \\ H \\ H \end{matrix}\right\} Az,$$

il est évident que chacune devait absorber successivement 1, 2 ou 3 équivalents d'éthyle; chacune devait donner naissance à trois bases éthylées, deux volatiles et une fixe. Si au contraire les bases étaient les produits d'une substitution successive de la même molécule à l'hydrogène de 2 équivalents d'ammoniaque; si elles étaient des diamines primaire et secondaire,

$$\left.\begin{matrix} (C^4H^4)'' \\ H^2 \\ H^2 \end{matrix}\right\} Az^2, \qquad \left.\begin{matrix} (C^4H^4)'' \\ (C^4H^4)'' \\ H^2 \end{matrix}\right\} Az^2,$$

la première devait également produire trois bases éthylées, tandis que la seconde n'en pouvait produire que deux.

» L'expérience en effet a confirmé cette prévision. En soumettant l'éthylène-diamine à l'action alternée de l'iodure d'éthyle et de l'oxyde d'argent, j'ai réussi à obtenir deux bases éthylées volatiles et une troisième base non volatile. Ces composés sont parfaitement bien définis; leur composition a été établie par l'analyse des iodures et des chloroplatinates. A l'état de sels, ces bases se représentent par les formules suivantes :

Sel d'éthylène-diamine. . . . . $[(C^4H^4)'' \quad H^6Az^2]''I^2$.
Sel d'éthylène-diamine diéthylique. . . $[(C^4H^4)''(C^4H^5)^2H^4Az^2]''I^2$.
Sel d'éthylène-diamine tétréthylique. . $[(C^4H^4)''(C^4H^5)^4H^2Az^2]''I^2$.
Sel d'éthylène-diamine hexéthylique. . $[(C^4H^4)''(C^4H^5)^6 \quad Az^2]''I^2$.

» La dernière base libérée par l'oxyde d'argent n'absorbe plus d'éthyle.

» En répétant la même expérience avec la diéthylène-diamine, j'ai observé des phénomènes parfaitement analogues, mais il se produit seulement une base volatile qui s'est transformée de suite en base non volatile. Ces bases analysées de la même manière et représentées comme sels, s'expriment par les formules suivantes :

Sel de diéthylène-diamine. . . . . $[(C^4H^4)^{2''} \quad H^4Az^2]''I^2$
Sel de diéthylène-diamine diéthylique. . . . $[(C^4H^4)^{2''}(C^4H^5)^2H^2Az^2]''I^2$
Sel de diéthylène-diamine tétréthylique. . $[(C^4H^4)^{2''}(C^4H^5)^4 \quad Az^2]''I^2$

» La dernière base, séparée par l'oxyde d'argent et traitée de nouveau par l'iodure éthylique, n'absorbe plus d'éthyle.

» On arrive au même résultat, mais d'une manière plus courte et plus élégante, en remplaçant l'iodure d'éthyle par son homologue méthylique. J'ai fait déjà voir à une époque antérieure que l'iodure méthylique a une tendance remarquable à fournir de suite le dernier produit de substitution. Ainsi avec l'ammoniaque il produit directement l'iodure de tétréthylammonium, accompagné d'une grande quantité d'iodure d'ammonium. L'action de l'iodure de méthyle sur les bases éthyléniques est parfaitement semblable. Il se forme de suite une quantité notable des derniers produits de substitution, qu'on peut purifier par une simple cristallisation. J'ai préparé de cette manière, sans être embarrassé de bases volatiles intermédiaires, les iodhydrates de l'éthylène-diamine hexméthylique et de la diéthylène-diamine tétraméthylique. L'analyse de ces deux corps m'a conduit aux formules :

Sel d'éthylène-diamine hexméthylique. . . $[(C^4H^4)''\ (C^2H^3)^6\ Az^2]''\ I^2$,
Sel de diéthylène-diamine tétraméthylique. $[(C^4H^4)^{2''}\ (C^2H^3)^4\ Az^2]''\ I^2$.

» Ces résultats ne demandent pas de commentaire.

» Il y a dans l'état actuel de la science un certain nombre d'observations qui nous guident dans la construction d'une formule chimique. C'est l'étude de l'origine d'un corps, l'analyse, l'observation de ses propriétés physiques et surtout du point d'ébullition, la détermination de la densité de vapeur, c'est enfin l'étude de ses métamorphoses. J'ai examiné mes formules sous tous ces points de vue, et la réponse donnée par l'expérience a été toujours la même.

» Il résulte de cette controverse que les alcools diatomiques imitent dans leur action sur l'ammoniaque la manière d'être des alcools monatomiques. L'alcool ordinaire produit, comme on sait, trois ammoniaques éthyliques, dont les molécules occupent 4 volumes de vapeur.

$$\text{Éthylamine}\quad \left.\begin{matrix} C^4H^5 \\ H \\ H \end{matrix}\right\} Az = 4 \text{ vol.}$$

$$\text{Diéthylamine}\quad \left.\begin{matrix} C^4H^5 \\ C^4H^5 \\ H \end{matrix}\right\} Az = 4 \text{ vol.}$$

$$\text{Triéthylamine}\quad \left.\begin{matrix} C^4H^5 \\ C^4H^5 \\ C^4H^5 \end{matrix}\right\} Az = 4 \text{ vol.}$$

» D'une manière semblable l'alcool diatomique d'éthylène, le glycol, dont nous devons la découverte aux brillants travaux de M. Wurtz, donne naissance à trois bases diatomiques, correspondant à 2 molécules d'ammoniaque et représentant aussi 4 vol. de vapeur.

$$\text{Éthylène-diamine}\quad \left.\begin{matrix}(C^4H^4)''\\ H^2\\ H^2\end{matrix}\right\} Az^2 = 4 \text{ vol.}$$

$$\text{Diéthylène-diamine}\quad \left.\begin{matrix}(C^4H^4)''\\ (C^4H^4)''\\ H^2\end{matrix}\right\} Az^2 = 4 \text{ vol.}$$

$$\text{Triéthylène-diamine}\quad \left.\begin{matrix}(C^4H^4)''\\ (C^4H^4)''\\ (C^4H^4)''\end{matrix}\right\} Az^2 = 4 \text{ vol.}$$

» Les deux premiers termes de cette série sont les bases que M. Cloëz a découvertes il y a maintenant six ans, mais sur la véritable nature desquelles il s'était mépris. Pour compléter cette série, il ne me reste qu'à décrire la troisième base volatile et l'oxyde de tétréthylène-diammonium.

» Les observations que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie dans cette Note coïncident de tous points avec les idées émises dans mon premier Mémoire. Je n'ai fait qu'achever l'esquisse tracée dans ce travail.

» Concluons en disant que l'action du dibromure d'éthylène sur l'ammoniaque, ainsi que l'a observé M. Cloëz, donne naissance à des bases qui n'appartiennent pas directement à la série dont nous venons de parler. En cherchant la méthode de purification des bases éthyléniques, j'ai dû analyser aussi les termes de l'autre groupe; mais comme il n'appartient pas essentiellement à notre controverse, je n'ai pas voulu publier mes résultats. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

La Commission nommée dans la séance du 11 avril dernier, sur la profondeur des mers, demande l'adjonction de deux autres Commissaires pour un Mémoire de *M. Visse.*

MM. Boussingault et Delaunay sont invités à s'adjoindre aux Commissaires primitivement désignés : MM. Cordier, d'Archiac et Sainte-Claire Deville.

GÉOLOGIE. — *Sur le diluvium à coquilles lacustres de Joinville-le-Pont;* *par* M. Ch. d'Orbigny. (Extrait par l'auteur.)

(Commissaires, MM. Cordier, d'Archiac, de Verneuil.)

« Le travail que j'ai l'honneur de soumettre au jugement de l'Académie a pour objet de signaler l'existence d'un nouveau et riche gisement de coquilles fluviatiles et terrestres, intercalé au milieu du diluvium gris à blocs erratiques qu'on exploite actuellement à la station de Joinville-le-Pont, à une lieue au sud-est de Vincennes. Comme tous les faits nouveaux qui se rattachent à l'époque diluvienne me semblent avoir un grand intérêt, à raison de l'incertitude qui règne encore relativement à cette importante partie de la géologie, j'ai cru utile de donner quelques détails sur le gisement dont il s'agit.

» La sablière diluvienne de Joinville offre diverses assises parfaitement distinctes, qui me paraissent devoir être rapportées à plusieurs époques géologiques, ainsi qu'on pourra en juger par la coupe suivante :

» A Sol végétal mélangé de loess;

» B Loess ou lehm;

» C *Diluvium rougeâtre,* argilo-ferrugineux, contenant des galets granitiques;

» D Sable marneux, sans coquilles;

» E *Diluvium gris,* à galets de roche granitiques et porphyriques;

» F *Couche lacustre* de sable blanc marneux, renfermant un nombre prodigieux de coquilles fluviatiles et terrestres, d'une parfaite conservation. Ces coquilles, dont je donne la liste, comprennent quinze genres et trente espèces différentes qui toutes, sauf trois espèces, ont encore leurs analogues à l'état vivant;

» G Puissant dépôt de *diluvium gris* à galets granitiques et porphyriques, enveloppant de gros blocs erratiques. On a trouvé dans cette assise des dents d'*Elephas primigenius* et de *Rhinoceros tichorinus.*

» Cette coupe, complémentaire de celle que j'ai publiée en 1855 sur le diluvium coquillier de Charonnes, près Paris, me semble confirmer l'opinion que j'ai déjà émise, savoir : 1° que le diluvium parisien doit être considéré comme composé de plusieurs zones de nature et d'âge différents; 2° qu'entre les dépôts du diluvium rouge et du diluvium gris, et même avant la fin de ce dernier dépôt, il y a eu une période de tranquillité assez longue, durant laquelle les environs de Paris présentaient de vastes

lacs où ont vécu des myriades de coquilles fluviatiles. On ne peut pas attribuer la présence de ces coquilles à des causes actuelles, à un débordement de la Marne ou de la Seine, puisque la zone qui les enferme est recouverte par des dépôts en place, incontestablement diluviens et dont les éléments même (galets de granite, de porphyre, etc.) indiquent un transport cataclysmique. D'ailleurs je puis ajouter que la zone à coquilles lacustres, qui fait l'objet de cette Note, se voit toujours exactement dans la même position relative. Elle n'est point accidentelle, puisqu'elle se présente sur une très-grande étendue des deux côtés de la Seine, depuis Bicêtre jusqu'au delà de Vincennes et de Joinville.

» Pour compléter l'énumération des diverses zones diluviennes connues dans le bassin parisien, je rappellerai que sur les plateaux les plus élevés il existe, *au-dessus du loess*, une assise de diluvium d'un jaune rougeâtre, toujours plus ou moins argilo-sableux, contenant une grande quantité de petits galets et graviers de quartz blanc et de granite. Cette assise, qui, je le crois, a été signalée pour la première fois par M. Elie de Beaumont, est surtout bien caractérisée sur le vaste plateau situé entre Etampes et Saclas. Une excavation faite à la surface de ce plateau (à 149 mètres au-dessus du niveau de la mer et à environ 125 mètres au-dessus du niveau de la Seine) m'a permis de voir un beau dépôt de ce diluvium, ayant 2 mètres de puissance et reposant sur environ 1 mètre de loess absolument semblable à celui des environs de Paris. Une zone diluvienne analogue existe sur presque tous les points culminants du bassin parisien, tels qu'à Villejuif, Bicêtre et Meudon, près Paris; sur les plateaux des environs d'Etréchy et de Saclas (Seine-et-Oise), dans la forêt de Fontainebleau, etc.

» Quant à l'âge relatif de ce diluvium jaunâtre des plateaux, comparé au diluvium rouge qui, aux environs de Paris, est inférieur au loess, je n'ose me prononcer. Je crois que l'ensemble des terrains diluviens correspond à une immense période qui doit être nécessairement divisée en plusieurs époques très-distinctes; mais il s'écoulera sans doute encore bien du temps avant que ces terrains, si complexes, soient parfaitement connus, avant qu'on se soit mis d'accord pour en expliquer l'origine.

» En effet, l'opinion de la plupart des géologues est que les cataclysmes diluviens ont pour causes prédominantes de fortes oscillations de l'écorce terrestre, des soulèvements de montagnes au milieu de l'Océan, d'où seraient résultées de grandes érosions. Par conséquent les puissants courants d'eau marine, auxquels on attribue ces érosions diluviennes, auraient dû laisser sur les continents des traces authentiques de leur passage, tels que de

nombreux débris de coquilles, de poissons et autres animaux marins analogues à ceux qui vivent actuellement dans la mer.

» Or, ainsi que M. Cordier l'a fait remarquer depuis longtemps à son Cours de Géologie, rien de semblable n'a été constaté. Sur tous les points du globe où l'on a étudié les dépôts diluviens, on a reconnu que, sauf quelques rares exceptions très-contestables, il n'existe dans ces dépôts aucun fossile marin; ou bien ce sont des fossiles arrachés aux terrains préexistants, dont la dénudation a fourni les matériaux qui composent le diluvium. En sorte que les dépôts diluviens semblent avoir eu pour cause des phénomènes météorologiques, être le résultat d'immenses inondations d'*eau douce,* et non d'eau marine, qui, se précipitant des points élevés vers la mer, auraient dénudé une grande partie de la surface du sol, balayé la généralité des êtres organisés et pour ainsi dire nivelé et coordonné les bassins hydrographiques actuels. »

ZOOLOGIE. — *Mémoire sur une nouvelle espèce de Sarcoptes, parasite des Gallinacés; par* **MM. Ch. Robin** *et* **Lanquetin.**

(Commissaires précédemment nommés : MM. Duméril, Geffroy-Saint-Hilaire, Milne Edwards, Moquin-Tandon.)

« Le travail dont nous avons l'honneur de présenter le résumé à l'Académie, a pour but de faire connaître une espèce nouvelle d'Acaride appartenant au genre Sarcopte de Latreille. Voici la description de ce parasite, que nous avons appelé *Sarcoptes mutans.*

» Sarcopte à rostre organisé comme celui des autres espèces du genre, mais plus large que long, à demi caché par l'épistome et dépassé par une courte paire de soies situées sur les palpes; céphalothorax à segments peu distincts; épistome nu; prolongements dorsaux des épimères de la première paire réunis transversalement à leur extrémité postérieure; pas de spirules sur le notogastre; anus au bord postérieur de l'abdomen.

» *Femelle.* Longue de $0^{mm},38$ à $0^{mm},47$, large de $0^{mm},33$ à $0^{mm},39$, presque ovalaire, à bords réguliers, marquant à peine ou pas du tout les divisions du céphalothorax, lequel avant l'apparition de la vulve est plus large que l'abdomen, et plus étroit, au contraire, lorsque la vulve se montre vers le milieu du corps; joues carénées, larges, remplissant l'intervalle des premières pattes à la tête; dos couvert dans sa partie moyenne de larges saillies tégumentaires, mamelonnées, sans aiguillons; la paire de soies la

plus externe du côté de l'anus dépassant seule le corps, les autres réduites à des piquants grêles et courts; épimères des quatre paires de pattes libres et écartés; pattes réduites à de courts moignons, coniques, dépassant à peine le corps et ne portant que trois courts piquants, visibles au tarse qui est privé de ventouses.

» *Mâle.* Long de $0^{mm},20$ à $0^{mm},25$, large de $0^{mm},15$ environ, ovale, allongé; divisions du céphalothorax assez distinctes, abdomen très-petit; au niveau de la deuxième paire de pattes, deux paires dont l'interne très-courte et l'externe très-longue; soies latérales du corps très-longues, ainsi que la plus interne de celles situées aux côtés de l'anus; épimères des deux premières paires de pattes réunis entre eux et à la troisième paire; pattes coniques, assez longues, dont les tarses portent des ventouses et de longues soies; organe génital mâle entre les deux dernières paires de pattes.

» *Œuf* ovoïde, de $0^{mm},12$ à $0^{mm},13$, large de $0^{mm},080$ à $0^{mm},085$.

» *Nymphe* longue de $0^{mm},20$, large de $0^{mm},14$, semblable en tout au mâle, sauf l'absence de la dernière paire de pattes et de l'organe génital; au lieu d'être soudés comme chez le mâle, les épimères de la première paire de pattes sont contiguës; le dos présente quelques mamelons cutanés rudimentaires.

» *Métamorphoses,* caractérisées chez le mâle par l'apparition de la quatrième paire de pattes et de l'appareil génital lors de la deuxième mue; on voit en outre chez la femelle la dernière mue entraîner les poils des pattes et faire paraître les joues carénées.

» Ce parasite habite sur les poules sur lesquelles il détermine la formation de croûtes psoriques (Ch. Robin, Raynal et Lanquetin); il se transmet au cheval sur lequel il détermine des accidents analogues (Raynal, Lanquetin). Ce parasite a été découvert par MM. Robin et Lanquetin. Quant à sa transmission à l'homme, nos expériences ne sont pas assez nombreuses pour que nous puissions l'affirmer d'une façon certaine.

» Le *Sarcoptes mutans* se distingue au premier coup d'œil des Psoroptes par ses mandibules dentées et non disposées en lancettes; des Symbiotes par la longueur et la gracilité de ses ambulacres, de ses soies ou poils chez le mâle et la nymphe et par leur absence chez la femelle. Ce dernier caractère le distingue aussi de tous les Sarcoptes connus jusqu'à ce jour (*S. scabiei*, Latreille; *S. cati*, Héring, etc.). Le mâle et la nymphe se distinguent de ceux des autres espèces par l'existence d'ambulacres à toutes les pattes; chez la femelle, les dépressions latérales du corps disparaissent lorsque celui-ci est distendu par la présence des œufs, au nombre de quatre à six. On voit fréquemment la nymphe complétement développée se mettre

à marcher aussitôt que l'on brise la coque de l'œuf qui la renferme, après avoir écrasé la mère, d'où on peut conclure que cette espèce est ovovivipare, tandis que le développement ovulaire s'opère après la ponte chez les autres espèces. »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Fragment d'une Lettre de* M. **Leymerie** *sur un principe de géologie relatif aux effets du mouvement primitif des grands courants d'eau aux époques antérieures à la nôtre.* (Communiqué par *M. Babinet.*)

(Commissaires désignés pour un Mémoire de M. Touche sur la même question : MM. Babinet, Delaunay, Bertrand.)

« Je viens apporter à l'Académie, si toutefois vous le jugez utile, et par votre bienveillante entremise, mon petit contingent de faits à l'appui du principe que vous avez posé dans votre dernière communication. Ces faits sont relatifs aux rivières qui descendent des Pyrénées et des parties les plus voisines du plateau central de la France.

» La *Garonne*, notre grand fleuve pyrénéen, se conforme admirablement à la loi de tendance vers la droite. Dès son entrée définitive dans la plaine, à Cazères, elle se porte vers le bord droit pour baigner la base des coteaux tertiaires qui limitent la vallée de ce côté, et cet état de choses se continue jusqu'à Toulouse où le fleuve (direction nord-nord-est) semble encore menacer les escarpements écorchés de la colline qu'on appelle *Puech-David*. Après avoir traversé Toulouse, la Garonne passe, il est vrai, du côté gauche de la vallée proprement dite (direction nord-nord-ouest), circonstance que l'on peut attribuer à l'entrée de la vallée secondaire de l'Erz; mais à Moissac, elle semble reprendre ses premières allures. Entre Malauze et Agen (direction ouest-nord-ouest), le fleuve forme dans la vallée plusieurs plis sinueux. Enfin à Agen et de là jusqu'à Bordeaux (direction nord-ouest) il se maintient le plus souvent près du bord droit.

» En somme, je crois qu'il est impossible de méconnaître de la part de ce fleuve une tendance marquée et actuelle à se porter et à se maintenir vers la droite. J'ajoute que cette tendance était bien plus grande ou au moins beaucoup plus efficace dans les temps qui ont précédé l'époque historique. En effet, tandis que dans la vallée actuelle de la Garonne est terminée à l'est par des talus rapides et escarpés qui résultent d'érosions opérées dans le terrain tertiaire, elle offre, à sa gauche, au moins deux larges

plaines caillouteuses, étagées et surélevées, qui doivent être considérées comme ses dépendances. Ces plaines hautes ou terrasses, que j'ai étudiées avec soin dans la carte géologique de la Haute-Garonne, règnent constamment du côté gauche et l'on sait d'un autre côté que, entre Agen et Bordeaux, le bord droit de la vallée consiste en une longue serie de côtes escarpées, tandis que sur la rive opposée s'étend une vaste plaine.

» Pour expliquer la formation et l'abaissement du niveau de l'ouest à l'est des terrasses diluviennes dont l'ensemble offre, au parallèle de Toulouse, une largeur dépassant cinq lieues, il me paraît indispensable d'admettre, d'une part l'existence d'un ancien cours d'eau d'un volume et d'une vitesse extraordinaires, et de plus une tendance à se retirer de plus en plus de l'ouest à l'est, c'est-à-dire de la gauche vers la droite. Dans cette théorie que j'ai eu l'occasion d'expliquer dans plusieurs ouvrages, la vallée actuelle constituerait une dernière phase du phénomène considéré dans son ensemble, la Garonne ne serait qu'un mince résidu des anciennes eaux que nous avons supposées ci-dessus, et enfin la tendance en vertu de laquelle notre fleuve rongerait encore sa rive droite si celle-ci n'était protégée par d'anciens éboulements, devrait être regardée comme un reste ou un témoin de celle que le courant diluvien a pu manifester jadis d'une manière plus imposante dans le décroissement du niveau des terrasses. »

PHYSIOLOGIE. — *Note sur un cas de résection sous-périostée du coude suivie de régénération osseuse; par* **M. Ollier.** (Extrait par l'auteur.)

(Commission des prix de Physique expérimentale.)

« Les expériences sur les animaux prouvent que des portions d'os ou même des os entiers se régénèrent après leur ablation, pourvu qu'on ait eu soin de conserver le périoste. M. Flourens a depuis longtemps appelé l'attention des physiologistes et des chirurgiens sur l'importance de cette membrane, et dès 1847, dans sa *Théorie expérimentate de la formation des os*, il disait que beaucoup d'amputations et de mutilations pourraient être prévenues par la conservation du périoste qui reproduirait l'os enlevé.

» Aux faits cliniques (et nous devons spécialement ici rappeler ceux de M. Larghi, de Verceil) qui viennent corroborer cette doctrine, nous pouvons ajouter une nouvelle observation de résection sous-périostée suivie d'une régénération osseuse manifeste. Cette observation nous semble réfuter d'elle-même les diverses objections qu'on a pu tout récemment encore adres-

ser à ce mode de résection, et en particulier celle qui se fondait sur le danger d'appliquer à l'homme malade les données obtenues sur les animaux sains.

» Il s'agit d'une résection du coude pour une carie des trois os qui forment cette articulation. Elle a été pratiquée à l'hôpital Beaujon par M. Verneuil qui nous pria de l'assister dans cette opération.

» Le périoste fut détaché avec le plus grand soin et conservé partout où il n'avait pas été détruit par la maladie. Malheureusement l'altération des extrémités articulaires était trop avancée pour qu'on pût l'isoler et le conserver à leur niveau. Aussi ce ne fut guère qu'autour de la diaphyse humérale, au-dessus de l'épicondyle et de l'épitrochlée, que la dissection put être régulière ; autour des deux os inférieurs les conditions étaient plus défavorables encore.

» La résection a porté sur les trois os. On a enlevé de 8 à 9 centimètres de l'humérus et de 3 à 4 centimètres du radius et du cubitus; en tout 12 centimètres.

» Le malade n'a eu qu'un raccourcissement du membre de 6 centimètres après la cicatrisation de la plaie. Une résection pratiquée d'après la méthode ordinaire nous eût probablement laissé un raccourcissement égal à la portion d'os enlevée, c'est-à-dire à 12 centimètres, à moins que les os restés distants ne se fussent isolément cicatrisés.

» Si la reproduction n'a pas été plus complète, c'est évidemment parce que le périoste avait été presque entièrement détruit autour des extrémités articulaires. Ici, comme chez les animaux, la reproduction a été sensiblement proportionnelle à l'étendue de périoste laissée dans la plaie.

» Nous ferons encore remarquer la simplicité des suites de cette opération et en particulier l'absence ou du moins la faiblesse de la réaction traumatique. On en jugera mieux, du reste, par les détails de l'observation.

» *Observation.* — Devaux (Jean-Baptiste,) 25 ans, ancien militaire, entre à l'hôpital Beaujon, le 20 décembre 1858. Il est atteint d'une carie des os du coude. Il fait remonter sa maladie à une entorse éprouvée il y a trois ans. Il y a eu plusieurs abcès au niveau de la jointure, et au moment de son entrée à l'hôpital, il y a encore cinq trajets fistuleux qui fournissent du pus. Le membre malade est très-amaigri et a la forme d'un fuseau dont le renflement serait au niveau du coude. Mouvements volontaires tout à fait abolis. On distingue à peine un peu de mobilité quand on cherche à fléchir le membre. L'état général est bon.

» L'opération fut pratiquée par M. Verneuil, le 31 janvier 1859.

» Les extrémités osseuses étaient encore plus altérées qu'elles ne l'avaient paru tout d'abord. Elles étaient raréfiées et très-friables, sauf les points où se trouvaient des stalactites de nouvelle formation. Elles baignaient dans le pus et les fongosités.

» Il fallut enlever de 8 à 9 centimètres de l'humérus et de 3 à 4 centimètres du radius et du cubitus, non compris l'olécrane qui était nécrosé.

» Autour du radius on ne put conserver que des lambeaux insignifiants de périoste, tant il était altéré. Autour du cubitus, on en détacha une manchette régulière de 1 à 2 centimètres. Autour de l'humérus il ne fut pas possible de l'isoler régulièrement à la partie inférieure, mais à partir de l'épicondyle et de l'épitrochlée, on put le conserver avec la plus grande facilité.

» Le membre fut placé dans une gouttière et mis dans l'extension.

» La réaction traumatique fut à peu près nulle; le lendemain soir seulement il y eut un peu de chaleur à la peau et d'accélération du pouls. La nuit suivante fut bonne cependant et ce mouvement fébrile ne reparut plus. Dès le lendemain de l'opération le malade fut mis au régime des côtelettes.

» Le 22 février, la plaie était presque entièrement cicatrisée. Il ne restait plus qu'un petit point fournissant du pus. Déjà on sentait au niveau de la portion de l'humérus enlevé une tuméfaction résistante et non douloureuse à la pression.

» Le 2 mars, cette portion tuméfiée se durcit de plus en plus. Le malade se lève; il reste cependant un petit point de suppuration qui persiste jusqu'au 8 avril, où une esquille de 2 centimètres se présente à la plaie. On l'extrait, et la cicatrisation n'étant plus entravée, s'achève trois ou quatre jours plus tard. Le 15 juin, le malade fut présenté à la Société de Chirurgie par M. Verneuil. On put constater que cette perte de substance osseuse de 12 centimètres n'avait donné lieu qu'à 6 centimètres de raccourcissement. L'humérus se terminait par une tête renflée large de 3 à 4 centimètres au moins et dépassant de 4 centimètres environ le niveau de la section. Le même épaississement se retrouve, mais moins prononcé, aux os de l'avant-bras. Des liens fibreux résistants unissent ces nouvelles épiphyses, qui paraissent écartées en arrière d'un travers de doigt.

» On peut étendre et fléchir complétement l'avant-bras. Mais les mouvements volontaires sont encore limités à cause de la faiblesse des muscles, qui étaient très-atrophiés au moment de l'opération. On sent le biceps se durcir, quoique faiblement. Les mouvements des doigts et de la main sont conservés.

» Le membre a presque doublé de volume depuis l'opération; la santé générale est florissante.

» Le malade a quitté l'hôpital à la fin du mois de juin et n'a plus été revu. »

CHIMIE. — *Sur la densité des vapeurs surchauffées du soufre, du phosphore et de l'arsenic; par* **M. A. Bineau.**

(Commissaires, MM. Dumas, Regnault, Balard.)

« Les moins anciennes des observations dont je me propose de rendre compte ici remontent à plus de dix années. Sur les trois séries d'expériences relatives au soufre qui seront rapportées ci-dessous, la première était déjà accomplie quand je rédigeai mon Mémoire sur la densité des vapeurs de quelques acides (voir *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XVIII, p. 226); c'est ce qui me le fit terminer par ces lignes : « Je montrerai que » le soufre en vapeur est sujet, de même que les corps composés observés » par M. Cahours et par moi, à de remarquables anomalies dans sa dilata- » tion ». Lorsque, par une dernière série d'essais, la densité normale du soufre aériforme eut été définitivement fixée pour moi, je l'annonçai dans une Lettre adressée à l'Institut.

» *Soufre.* — La variabilité de la densité de la vapeur de soufre commença à se révéler clairement dès mes premiers essais, malgré leur peu de réussite.

» Quoi qu'il en soit, nous voyons que, prise vers 600 degrés, la densité du soufre en vapeur est déjà presque réduite aux $\frac{2}{3}$ de ce qu'elle est vers 500 degrés. On comprend l'intérêt que je devais attacher à pouvoir étendre le champ de ces recherches en parvenant à des températures encore plus élevées. Du reste, il n'était point nécessaire à mes vues d'obtenir des résultats très-précis. Une approximation poussée seulement à $\frac{1}{10}$ ou même à $\frac{1}{5}$ près me paraissait suffisante pour résoudre un point capital de la question de philosophie chimique qui me préoccupait.

» Je renonçai aux bains liquides sous la pression desquels le verre cédait dès que la chaleur était suffisamment intense pour commencer à le ramollir. Je plaçai mes tubes dans une sorte d'étui cylindrique en tôle, d'où ne sortaient que leurs prolongements effilés; ils y étaient entourés soit de sable, soit de coke en très-petits fragments, soit de limaille de fer. Posé horizontalement sur une grille allongée, le cylindre de tôle était chauffé le plus régulièrement possible. Comme d'ailleurs, à un rouge un peu vif, le ramol-

lissement du verre en déterminait l'affaissement, même sans l'intervention de la pression, les tubes furent enveloppés d'un lut argileux. L'extrémité effilée seule n'en était point recouverte, ou ne l'était que légèrement; et dans ce dernier cas, pour fondre le bout du tube à la fin de l'opération, j'avais recours à la flamme donnée par la réunion d'un jet d'hydrogène et d'un jet d'oxygène. Enfin, comme il fallait pouvoir se rendre compte des espaces occupés par les vapeurs ou par l'air, malgré les déformations éprouvées par les tubes, j'avais soin de mesurer avant tout leur capacité. A cet effet, je me suis servi habituellement d'eau, en opérant ensuite une dessiccation convenable.

» Souvent les tubes mis ainsi en expérience ne se conservèrent que par leur enveloppe argileuse, et n'offraient en haut qu'une légère couche vitreuse retenue par son agglutination avec le lut, tandis que la partie inférieure augmentait considérablement d'épaisseur aux dépens de la supérieure. D'ailleurs beaucoup d'entre eux n'arrivaient pas à bonne fin. Peu importait pourtant qu'après leur fermeture ils se déformassent plus ou moins, pourvu qu'il ne s'y fît point de rupture, et que la vapeur pût aller se condenser à la pointe qui sortait du cylindre métallique. Car c'est en détachant cette pointe, puis la pesant successivement, d'abord avec le produit condensé, puis toute seule, que j'obtenais le poids du corps vaporisé, imitant en ceci M. Mitscherlich.

» Voici les détails des opérations qui ont eu le plus de réussite :

I. Volume du tube où fut introduit le soufre	$18^{cc},5$
Volume du thermomètre à air	16, 76

» Ces deux tubes avaient été disposés de façon à prendre aussi exactement que possible une température identique. Près d'eux il y avait en outre deux autres tubes à air; mais étant placés, l'un plus haut, l'autre plus bas, ils n'étaient plus dans les mêmes conditions d'échauffement.

Volume du 2e thermomètre à air	$16^{cc},64$
Volume du 3e thermomètre à air	14, 78
Pression atmosphérique au moment des expériences	745^{mm}
Température ambiante	22°
Air resté dans le 1er thermomètre	$3^{cc},72$
Air resté dans le 2e (placé au-dessus)	4, 05
Air resté dans le 3e (placé le plus bas)	2, 87
Poids du soufre resté dans le tube	$0^{gr},0105$

» En définitive, l'expérience fixe cette densité à 2,1.

II. Volume du tube à soufre		$15^{cc},59$
Volume du thermomètre à air. $13^{cc},07$	rapport des volumes d'air	4,79
Air resté dans celui-ci. 2, 73	T = 1162	
Température		21°
Hauteur barométrique		747^{mm}
Poids du soufre		9^{mgr}
Densité qui s'en déduit		2,2
III. Volume du tube à soufre		$17^{cc},85$
Volume du thermomètre à air. 16,82	rapport des volumes d'air	4, 13
Air resté. 4,07	T = 963	
Température		21°
Baromètre		747^{mm}
Poids du soufre		$12^{mgr},5$
Densité de la vapeur		2,4

» IV et V. Deux systèmes de tubes chauffés en même temps dans le cylindre de tôle ont donné les résultats que nous allons transcrire.

		IV	V
Pression		745^{mm}	
Température		24°	
Volume du tube à soufre		19,85	29,42
Rapport des volumes d'air		3,27	3,475
Température qui se déduirait de ce rapport	714°	727°	
Poids du soufre	$19^{mgr},5$	26^{mgr}	
Densité de la vapeur	2,8	2,7.	

VI. Volume du tube à soufre	$15^{cc}9$
Rapport des volume d'air dans un 1er thermomètre.	3,45
Id. dans un second	3,53
Hauteur barométrique	744^{mm}
Température	15°
Poids du soufre	15^{mgr}
Densité	2,8 (T = 743)

» Après avoir obtenu les résultats qui précèdent, j'ai voulu mettre à l'épreuve mon mode d'expérimentation, en le faisant servir à la détermination de la densité de la vapeur de mercure. Voici les données de l'opé-

ration :

Volume du tube à mercure	$16^{cc},67$
Poids du mercure	34^{mgr}
Rapport des volumes d'air du thermomètre	3,94
Température de l'air ambiant	15°
Pression atmosphérique	741^{mm}
Densité de la vapeur mercurielle	6,7 (T = 882)

» 6,97 est le nombre obtenu par M. Dumas, et 6,91 est celui qu'indique le calcul basé sur la densité de l'oxygène et le rapport des équivalents.

» VII et VIII. Expériences exécutées comme celles des nos IV et V.

» La pression atmosphérique était de 742 millimètres, et la température ambiante de 13 degrés.

	VII.	VIII.
Volume du tube à soufre	$20^{cc},2$	$15^{cc},7$
Rapport des volumes d'air	3,26	3,45
Température d'après la formule donnée plus haut.	851°	731°
Poids du soufre	$20^{mgr},5$	13,7
Densité	2,6	2,6

» IX. Cette fois le tube à air a été remplacé par un tube à vapeur mercurielle. Un accident empêche d'ailleurs de constater si le tube à soufre est exempt de gaz.

Volume du tube à soufre	$30^{cc},3$
Poids du soufre	25^{mgr}
Volume du tube à mercure	$29^{cc},3$
Poids du mercure	80^{mgr}
Rapport entre les densités des deux vapeurs	0,30
Densité de la vapeur du soufre (0,9 étant pris pour celle du mercure)	2,1

» A la suite de cette expérience, j'en fis encore une destinée à fournir un complément d'éclaircissement sur le procédé mis en œuvre. Elle fut conduite comme les précédentes, mais en opérant sur l'iode.

Volume du tube à iode		$44^{cc},2$
Volume du tube à air... 42,0	Rapport du volume d'air...	3,36
Air resté... 12,5	(T = 684)	
Hauteur barométrique		745^{mm}
Température ambiante		7°
Poids de l'iode		$141^{mgr}\frac{3}{4}$
Densité de la vapeur d'iode		8,65

» M. Dumas obtint, dans les conditions ordinaires, 8,716.

» X. Enfin voici les données d'une dernière détermination au sujet de la vapeur du soufre :

Volume du tube à soufre	51^{cc}
Rapport des volumes d'air..........	3,69
Hauteur barométrique	747^{mm}
Température ambiante...............	22°
Poids du soufre......................	39^{mgr}
Densité de la vapeur................	2,4 (T = 834)

» En résumé, les densités de la vapeur du soufre, déterminées dans nos dix dernières opérations, sont comprises entre 2,1 et 2,8. Leurs variations ne sont qu'imparfaitement en harmonie avec celles des températures, et dérivent en grande partie des erreurs d'expérimentation. Plusieurs causes en rendent raison.

» Groupons ensemble, d'un côté, les déterminations effectuées à des degrés de chaleur qui, d'après notre évaluation, seraient inférieurs à 800, et, de l'autre, celles qui correspondent à des chaleurs plus élevées. On forme ainsi les deux groupes suivants :

Numéros des expériences.	Densité de la vapeur.	Température approximative.
IV	2,8	714
V.............	2,7	727
VIII..........	2,6	731
VI	2,8	743
Moyenne...	2,7	

Numéros des expériences.	Densité de la vapeur.	Température déduite de la formule mentionnée.
X.............	2,4	834
VII...........	2,6	851
III............	2,4	963
I.............	2,1	1082
II............	2,3	1162
	2,36	

» Voici d'ailleurs, à la suite des chiffres obtenus par mes deux illustres devanciers, M. Dumas et M. Mitscherlich, les densités que je suis amené à

assigner approximativement au soufre gazéifié, plus ou moins chauffé.

Température approximative.	Densité.
De 450 à 500°	6,9 (M. Mitscherlich). 6,56 (M. Dumas).
600°	5
700°	2,8
800 à 1000°	2,2

(L'étendue de ce Mémoire peu susceptible d'analyse nous oblige à supprimer complétement tout ce qui concerne les densités des vapeurs de phosphore et d'arsenic.)

M. A. Vincent adresse de Brest une deuxième copie d'un Mémoire qu'il avait présenté à l'Académie en septembre 1844 sous le titre de « Nouveau système de défense des côtes ».

« Dans ce Mémoire, dit l'auteur, j'établissais que contre l'irruption d'une flotte à vapeur ennemie, les batteries des côtes, quelque multipliées qu'elles fussent, resteraient impuissantes à empêcher un bombardement ou un débarquement; que cette impuissance ressortirait d'autant plus, que prochainement les bâtiments de guerre se revêtiraient d'armures métalliques les rendant invulnérables aux projectiles, ce qui leur permettrait de forcer impunément les entrées des ports, des rivières, des rades, et d'y tout détruire sans qu'on pût s'y opposer efficacement avec les moyens actuels. Je concluais que le seul moyen de résister à ce nouveau moyen d'attaque était de construire des batteries flottantes, muraillées en fer doux, mues par la vapeur, et armées de canons se chargeant par la culasse, et tirant cinq ou six coups contre un tiré par les canons actuels, sans exposer autant les chargeurs qu'on le fait aujourd'hui.... »

(Renvoi à la Commission précédemment désignée qui se compose de MM. Poncelet, Piobert, Duperrey.)

M. H. Prater adresse une Note écrite en anglais concernant les expériences sur lesquelles on a basé la théorie du calorique latent.

M. Despretz est invité à prendre connaissance de cette Note et à faire savoir à l'Académie si elle est de nature à devenir l'objet d'un Rapport.

CORRESPONDANCE.

M. le Directeur général des Douanes et des Contributions indirectes adresse pour la Bibliothèque de l'Institut un exemplaire du Tableau général du mouvement du cabotage en 1858 qui forme la suite et le complément du tableau général du commerce de la France pendant la même année.

M. Flourens présente, au nom des éditeurs *MM. Gide et Barral*, le seizième et dernier volume des œuvres complètes de *F. Arago* et donne, dans l'extrait suivant de la Lettre d'envoi, une idée de ce qu'il contient :

« Ce volume, dit M. Barral, est le tome IIe des *Mémoires scientifiques*. Outre des Mémoires déjà publiés, tels que ceux sur les cercles répétiteurs, les latitudes et les longitudes, les erreurs personnelles, les étoiles multiples, les comètes, les taches du soleil, la vitesse du son, les forces élastiques de l'air et de la vapeur, etc., il renferme un grand nombre de recherches inédites sur l'astronomie et l'optique.

» Le tome IVe de la *Base du système métrique* contient les seize triangles que MM. Biot et Arago ont déterminés pour prolonger la mesure de la méridienne de France jusqu'à l'île de Formentera. M. Arago seul a mesuré en outre un dix-septième triangle ayant son sommet au clop de Galaro dans l'île de Mayorque, et s'appuyant d'une part sur Campvey dans l'île d'Iviza et d'autre part sur la Mola de Formentera, dans le but d'obtenir la grandeur d'un arc de parallèle de près de 3 degrés à l'extrémité de la méridienne et de déterminer la courbure de cette portion du sphéroïde terrestre. On trouvera, dans le volume que je présente à l'Académie, les résultats de cette mesure restés inédits.

» M. Arago a communiqué à l'Académie, en 1853, l'année même de sa mort, un Mémoire sur la forme et la constitution physique de Mars; j'ai publié ce Mémoire en y joignant plus de 3000 mesures micrométriques des diamètres de Mercure, de Vénus, de Jupiter, de Saturne et d'Uranus, mesures que M. Arago avait prises de 1811 à 1847; j'ai donné ces mesures telles qu'elles sont inscrites sur les registres d'observations en y joignant les calculs de leur transformation en mesures sexagésimales que j'ai dû effectuer.

» On sait que M. Arago avait fait un grand nombre de recherches sur les

pouvoirs réfringents et les pouvoirs dispersifs de l'air atmosphérique sec ou humide, de divers autres gaz et de plusieurs vapeurs; j'ai relevé et calculé tous les résultats des observations sur ce sujet si important, auquel M. Arago a travaillé pendant près d'un demi-siècle, notamment en 1805 avec M. Biot, en 1815 et 1816 avec M. Petit, et en 1852 avec M. Fizeau. Les chimistes et les physiciens pourront tirer un grand parti des pouvoirs réfringents non-seulement de quelques gaz simples, mais encore de gaz composés, tels que l'oxyde de carbone, les hydrogènes carbonés, l'hydrogène sulfuré, le cyanogène, les vapeurs de sulfure de carbone, d'éther sulfurique et d'éther muriatique.

» Je ne ferai que mentionner de nombreuses observations sur divers phénomènes d'optique, sur l'électricité atmosphérique, sur les températures de la terre à diverses profondeurs, etc.

» Je me suis attaché à réunir les immenses travaux de M. Arago dans un ensemble digne de lui et digne de la science, sans rien omettre, parce que toute pensée d'un tel maître m'a paru devoir être pieusement conservée. Ma tâche est maintenant remplie. Il ne me reste qu'à remercier vivement l'Académie de l'intérêt qu'elle a pris à son accomplissement, et vous-même, Monsieur le Secrétaire perpétuel, de la bienveillance exquise que vous m'avez témoignée; cet intérêt et cette bienveillance, en même temps que le sentiment du devoir, m'ont empêché d'éprouver aucune défaillance. »

M. **Fuster**, professeur de clinique interne à la Faculté de Médecine de Montpellier, écrit à l'Académie pour la prier de vouloir bien l'inscrire sur la liste des candidats pour la place de Correspondant vacante dans la Section de Médecine et de Chirurgie.

(Renvoi à la Section de Médecine et de Chirurgie.)

ASTRONOMIE. — *Lettre de* M. **Chacornac** *à* M. Le Verrier.

« L'intérêt que présente la question de savoir si le centre du soleil est réellement plus lumineux que ses bords m'a fait entreprendre dès le commencement de l'année 1855 des observations photométriques dirigées dans le but de mesurer le phénomène.

» Il m'était possible déjà à cette époque de consacrer à ces recherches une excellente lunette de M. Secretan, ayant 24 centimètres d'ouverture et 4 mètres de longueur focale.

» Les premiers essais que j'ai tentés consistaient à inspecter séparément les différentes portions d'une zone de l'astre, celle, par exemple, comprenant son diamètre perpendiculaire au mouvement diurne. Pour cela je réduisais le champ à une ouverture angulaire de 3 minutes et je recherchais à quelle distance des bords commence à devenir appréciable le phénomène de la diminution d'éclat de ceux-ci; ainsi en faisant mouvoir la lunette dans le sens du bord supérieur au bord inférieur de l'astre, les diverses portions de la zone se succédant dans le champ, je remarquai qu'en passant rapidement des régions du centre, où la lumière est uniforme et blanche sur un espace d'environ les 5 huitièmes du rayon, aux régions des bords, on constatait très-nettement que l'éclat et la couleur de l'astre changeaient.

» Je pratiquai ces expériences avec un grossissement de 200 fois environ. Elles me suggérèrent les suivantes :

» Lorsqu'on examine à l'aide d'un faible pouvoir amplifiant la surface du soleil en réduisant l'ouverture du champ de la lunette à deux petits disques d'environ 50 secondes d'arc de diamètre, et que l'on dispose l'instrument de manière à faire coïncider l'une des ouvertures du champ avec le centre de l'astre et l'autre avec son bord, on aperçoit tout de suite qu'il existe une différence d'intensité lumineuse notable entre ces deux régions, de même qu'une différence de coloration est manifeste lorsqu'on se sert d'un verre neutre absorbant.

» Si on rapproche à l'aide d'un mécanisme les deux petits disques de manière à diminuer leur écart d'une quantité déterminée, on pourra comparer des régions voisines du centre dont l'intensité lumineuse différant très-peu de l'éclat de celui-ci fera connaître à quelle distance des bords commence à devenir appréciable l'affaiblissement de la lumière de l'astre.

» En comparant les mesures obtenues par ces deux méthodes et en admettant que l'œil perçoive des différences d'éclat allant à un soixantième, j'avais trouvé par une moyenne d'environ douze cents comparaisons que la région du disque solaire où commence à devenir sensible la diminution de son éclat, est située à une distance du centre égale aux 364 millièmes du rayon.

» Dans les expériences précédentes, les centres des deux petites ouvertures circulaires du champ dont on comparait les intensités, étaient encore éloignés des 364 millièmes du rayon. Pour remédier à cet inconvénient, j'imaginai plus tard de placer à l'oculaire de la lunette un prisme biréfringent, afin d'amener en contact ces deux petits disques lumineux et apprécier ainsi plus facilement leur différence. Cette circonstance me con-

duisit à rechercher si l'image ordinaire d'une facule, superposée par ce moyen sur l'image extraordinaire de la pénombre d'une tache voisine, ne reproduirait pas un éclat à peu près égal à l'intensité lumineuse totale du soleil. Dans ces tentatives j'ajoutai à mon appareil une plaque de tourmaline appartenant à un polariscope Savart, et j'eus bientôt un photomètre très-commode pour contrôler les expériences précédentes.

» En 1857, j'ignorais encore tout le parti que M. Arago avait tiré d'un moyen analogue, ainsi que les mesures photométriques exécutées par l'illustre astronome sur une partie des corps célestes. Aussi, lorsque parut le premier volume des Mémoires scientifiques de ses œuvres, je fus près d'abandonner tous les projets formés sur l'emploi de mon instrument; cependant deux questions me semblaient dignes d'intérêt et me paraissaient résolues dans un sens contraire aux phénomènes observés antérieurement.

» Je veux parler de l'accroissement rapide que l'intensité lumineuse du ciel présente dans le voisinage immédiat du soleil, et de la différence notable signalée par les expériences précédentes entre l'éclat du centre et celui des bords de l'astre.

» Je repris donc mes travaux en employant alternativement, soit une plaque de tourmaline, soit un prisme de Nicol combiné avec un prisme biréfringent doué d'un mouvement de rotation sur lui-même. J'appliquai cet appareil à l'oculaire de la lunette de M. Secretan, laquelle entraînée équatorialement par un mouvement d'horlogerie, me fournit tous les moyens nécessaires pour effectuer les mesures projetées.

» Au moyen de ces prismes convenablement montés sur un micromètre d'angle de position, je pus faire naître l'image extraordinaire empruntée au centre du disque solaire très-près de l'image ordinaire empruntée au bord de l'astre, en sorte que les deux petits disques lumineux amenés en contact puissent être égalés avec toute la précision que comporte la méthode.

» Cette égalité obtenue, en vertu de la loi du carré du cosinus, il était facile d'en conclure la relation qui existait entre l'éclat primitif des deux lumières au moyen de l'angle parcouru par la section principale du prisme rotatif.

» Ce procédé, plus exact que ceux tentés précédemment, offre l'avantage de comparer directement le bord au centre du disque, en conservant cependant les deux images comparées en contact l'une avec l'autre. Cette méthode m'indiqua de suite deux difficultés inhérentes à la nature du problème :

» 1°. L'intensité lumineuse du bord de l'astre n'étant pas uniforme sur

une étendue angulaire normale au limbe égale à 40 secondes, il n'est pas possible d'arriver à une égalité rigoureuse dans le cas où l'on compare son éclat à lumière uniforme du centre.

» 2°. Cette difficulté est augmentée par la couleur de cette portion du disque solaire laquelle est, comme je l'ai dit, notablement teintée en jaune, tandis que la portion du centre amenée en comparaison apparaît d'une lumière blanche (1).

» Ne pouvant m'étendre plus longuement dans cette Note sur les détails de l'observation, je me bornerai à dire qu'après avoir essayé les grossissements les plus convenables, les prismes les plus purs, j'ai obtenu les relations suivantes :

Distance au bord.	Azimut.	Rapport des intensités.	Intensités primitives.
1,000	33°.59'	0,454	1,000
0,708	33.59	0,454	1,000
0,477	35.08	0,495	0,918

» Ces chiffres sont le résultat d'environ huit cents mesures effectuées dans des conditions atmosphériques exceptionnelles du 12 mai au 23 octobre de cette année.

» Après chaque série de dix mesures, j'ai changé l'azimut du plan primitif de polarisation, afin de ne pas être influencé par une symétrie de lecture. Chaque comparaison s'effectuait en passant alternativement d'un bord de l'astre à celui diamétralement opposé : par exemple, le bord supérieur a été comparé un très-grand nombre de fois au bord inférieur, tandis que celui oriental n'a été comparé au bord occidental qu'un très-petit nombre de fois.

» Ce dernier fait tient à la présence presque continuelle des facules sur ces bords.

» En résumant ces observations, le centre du disque aurait un éclat sensiblement uniforme sur une étendue égale aux trois dixièmes de son diamètre;

---

(1) Les appareils destinés à mettre en évidence ce dernier phénomène par une autre série de faits étant à peu près terminés, je mentionnerai que je me propose d'étaler l'un à côté de l'autre deux spectres solaires, l'un provenant de la lumière émise par le centre de l'astre, l'autre provenant de la lumière de ses bords. Aussitôt que j'aurai obtenu quelques résultats, je m'empresserai de les communiquer à l'Académie.

à partir de cette région jusqu'aux bords, sa lumière irait en s'affaiblissant dans une proportion telle, qu'à l'extrémité de ceux-ci et sur un espace angulaire égal à 40 secondes son intensité n'atteindrait plus la moitié de celle du centre. Enfin la lumière du centre surpasse de deux vingt-cinquièmes d'un point qui en est éloigné de 0,523 du rayon.

» Afin de contrôler par un fait pris en dehors de toute considération hypothétique les mesures que j'avais prises, je profitai du passage de quelques grandes taches environnées d'une large pénombre dans le voisinage du centre du disque. On sait que la pénombre des taches apparaît au centre de l'astre comme un nuage assez sombre pour que personne n'ose affirmer à première vue que son intensité lumineuse est supérieure à celle des bords du soleil. Si les appréciations d'Herschel n'étaient pas loin de la vérité, il fallait cependant d'après mes mesures qu'il en fût ainsi. L'épreuve à laquelle j'allais soumettre mes expériences était donc décisive.

» Le 31 août dernier, le centre de la pénombre d'un vaste groupe de taches solaires me parut assez étendu et d'un éclat suffisamment uniforme pour tenter l'épreuve. Ce groupe était dans l'hémisphère inférieur, peu éloigné d'avoir atteint le milieu de sa course et situé à une distance du centre égale à environ les trois dixièmes du rayon. L'une des ouvertures circulaires du champ de la lunette étant dirigée sur la portion de la pénombre que je voulais comparer au bord de l'astre, j'amenai l'ouverture circulaire inférieure à coïncider avec celui-ci. Le résultat fut que la pénombre était réellement d'un éclat supérieur à celui du bord de l'astre.

» A l'aide de cet appareil photométrique, j'ai pu mesurer les plus faibles différences d'intensité de la lumière des astres en employant des grossissements de 200 à 300 fois. Dans une prochaine Note, je rapporterai les observations que j'ai faites sur les facules et les mesures que j'ai obtenues de leur intensité lumineuse. »

ASTRONOMIE. — *Lettre de* **M. Herrick** *à* M. Le Verrier.

« Ayant lu récemment dans l'*Institut* un article relatif à la communication faite par vous à l'Académie des Sciences sur la probabilité de l'existence d'une ou plusieurs planètes entre Mercure et le Soleil, je prends la liberté d'appeler votre attention sur certaines observations qui semblent démontrer qu'une semblable planète, accompagnée d'un gros satellite, a été plusieurs fois observée et toujours perdue.

» Il y a plus de dix ans, j'ébauchai pour le *Journal américain des Sciences*

un Mémoire ayant pour titre : « Collection d'observations sur certaines taches solaires d'un caractère particulier, tendant à mettre en évidence l'existence d'une planète intra-mercurielle. » Je différai la publication de ce Mémoire, en partie parce que j'espérais trouver la planète, en partie aussi parce que je craignais que cette planète n'existât pas, d'autant plus que vous aviez affirmé, en 1845, que vos nouvelles Tables de Mercure représentaient exactement les positions de cette planète (*Comptes rendus*, t. XXI, p. 316.)

» Voici les observations qui servaient de base à mon travail :

» 1°. Pastorff de Buchholz vit le 18 octobre 1836, le 1er novembre 1836 et le 16 février 1837, deux taches noires, rondes, de grandeurs inégales, passer sur le soleil, changer de place en peu de temps, et suivre chaque fois des routes un peu différentes. Il trouva pour leurs mouvements les valeurs suivantes :

Octobre	18	1836	de $2^h 20^m$ à $3^h 12^m$	arc parcouru 12′,
Novembre	1	1836	$2^h 48^m$ à $3^h 42^m$	» 6′,
Février	16	1837	$3^h 40^m$ à $4^h 10^m$	» 14′.

» 2°. En 1834 Pastorff vit six fois deux petits corps passer devant le disque du soleil; le plus grand ayant environ 3 secondes de diamètre, et le plus petit de 1″ à 1″,25. Tous deux paraissaient parfaitement ronds; le plus petit quelquefois précédait et d'autres fois suivait le plus grand. La plus grande distance observée entre eux fut de 1′ 16″. Ils étaient souvent très-voisins l'un de l'autre, et leur passage sur le disque du soleil n'exigeait qu'un petit nombre d'heures; tous deux formaient l'effet de taches noires très-sombres comme Mercure passant sur le soleil. (Quételet, *Corresp. math. et phys.*, août 1837, p. 141. Wartmann, *Bibl. univ. de Genève*, avril 1837, p. 409; *id.*, t. LVIII.)

» 3°. Pastorff vit deux taches remarquables sur le soleil, le 23 octobre 1822; il en vit également le 24 et le 25 juillet 1823. Flaugergues les mentionne vaguement dans la *Corresp. astronom.* du baron de Zach, t. XIII, p. 17, Gênes, 1825. En quoi consiste réellement son observation, je l'ignore.

» 4°. Gruithuisen a vu sur le soleil deux petites taches sans nébulosité le 26 juin 1819. (*Tilloch's philos. Magaz.*, vol. LVII, p. 444, Lond. 1821.)

» Il serait peut-être possible d'obtenir plus de détails sur les observations

de Pastorff en consultant ses papiers originaux, qui ont probablement été conservés. Il est remarquable que, durant les vingt dernières années, nous n'ayons aucune observation de Schwabe ou autres sur le passage de semblables corps devant le soleil : peut-être que l'orbite de la planète a une grande inclinaison.

» En 1847, j'entrepris, avec mon ami M. Francis Bradley, une recherche systématique de cette planète : 1° en observant deux fois par jour le disque du soleil lorsque cela était possible ; 2° en explorant les régions voisines du soleil avec un télescope muni en avant de l'objectif d'un long tube de carton noirci à l'intérieur; mais cet instrument étant mal monté et placé dans un lieu peu convenable, nos efforts furent infructueux.

» Si de semblables observations pouvaient être entreprises et poursuivies sous votre puissant patronage, j'ai une foi très-ferme qu'elles seraient couronnées de succès. La dernière méthode d'observation me semble être celle qui promet le plus. »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Lettre de* **M. Buys Ballot** *à* M. Le Verrier.

« A l'égard de votre hypothèse d'une planète ou plutôt d'un anneau circulant autour du soleil à plus courte distance que Mercure pour expliquer la différence de 38 secondes dans le mouvement du périhélie de l'observation avec la théorie, je me hâte de vous rappeler que mes recherches sur une période de plus grande et de plus petite chaleur émise par le soleil de 27,682 jours m'ont conduit à la même hypothèse.

» Vous savez que cette période déduite d'observations néerlandaises de 1729 à 1846 est confirmée depuis par les observations de Dantzig, de Munich, d'autres endroits et en dernier lieu de Breslau de 1791-1855. (*Voir* les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* du 21 juin 1858.)

» Elle me paraissait trop longue pour être expliquée par les taches solaires qui donnent la révolution du soleil autour de son axe de 25 $\frac{1}{4}$ à 25,4 jours tout au plus. La mienne suppose une révolution de 25 $\frac{3}{4}$ environ.

» Or celle-ci appartenait à un anneau dont le diamètre du milieu est environ de 36 diamètres du soleil.

» Dans mes *Changements de température dépendants du soleil et de la lune*, on lit, p. 91 : « L'anneau qui peut avoir produit les phénomènes » observés dans l'éclipse de soleil, que M. Babinet regarde comme une pla- » nète en voie de formation et à laquelle il donne le nom de *Vulcain*, ne

» peut nous être d'aucune utilité, car sa révolution serait trop courte pour
» notre but. Conséquemment nous devons en admettre d'autres; un pour
» la période de 27, 68 jours pour laquelle j'ai déjà admis précédemment
» cette hypothèse; un, comme je le suppose, pour celle de 27, 56 (1). Ces
» deux anneaux auront pour demi grands axes 16 et 19 diamètres du
» soleil, et, de même que l'anneau de Saturne se compose de plusieurs sec-
» tions, qui circulent indépendamment les unes des autres, on peut consi-
» dérer les deux que je propose comme unique dans son origine, mais dans
» laquelle il s'est formé une séparation..... Si un tel anneau est elliptique,
» il doit nous envoyer plus de chaleur quand nous sommes plus près de la
» partie la plus éloignée du soleil, ce qui toutefois ne produirait qu'une va-
» riation annuelle. Nous devons donc chercher dans l'anneau lui-même la
» cause de la variation de température, et supposer que la masse n'est pas
» également dispersée dans l'anneau.

» Si nous nous refusons à regarder l'anneau comme masse échauffante,
» nous pouvons nous le représenter comme absorbant la chaleur, c'est-à-
» dire comme retenant la chaleur du soleil qui le traverse. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse du glycol avec l'oxyde d'éthylène et l'eau;* *par* **M. Ad. Wurtz.**

« L'oxyde d'éthylène que j'ai obtenu en traitant le glycol monochlorhydrique (chlorhydrate d'oxyde d'éthylène) par la potasse caustique, se combine directement à l'eau pour régénérer le glycol. On opère cette synthèse en chauffant, pendant quelques jours, l'oxyde d'éthylène avec de l'eau, dans un matras très-fort et scellé à la lampe. Le produit de la réaction possède une saveur sucrée. Il est facile d'en séparer du glycol par la distillation fractionnée. Lorsque le glycol a passé, le thermomètre s'élève jusque vers 300 degrés. Ce qui distille vers 250 degrés n'est autre chose que le corps découvert par M. Lourenço et nommé par lui éther intermédiaire du glycol (2). Dans la réaction que j'indique aujourd'hui, le glycol et le corps de M. Lourenço se forment par la simple addition de l'eau aux

(1) Plutôt que d'admettre le résultat de la page 78 comme le résultat de l'action de la période anomalistique de la lune, plutôt que d'attribuer cela au hasard, qui n'existe pas, je cherche la cause dans l'action d'un anneau dont les molécules circulent en 27,56 environ.

(2) *Comptes rendus*, t. XLIX, p. 619.

éléments de 1 ou de 2 atomes d'oxyde d'éthylène,

$$\underbrace{C^2H^4O}_{\text{Oxyde d'éthylène.}} + H^2O = \underbrace{C^2H^6O^2}_{\text{Glycol.}},$$

$$2\underbrace{[C^2H^4O]}_{\text{Oxyde d'éthylène.}} + H^2O = \underbrace{C^4H^{10}O^3}_{\text{Corps de M. Lourenço.}}.$$

» L'oxyde d'éthylène se distingue par la netteté de ses réactions et par une aptitude des plus remarquables à former directement toutes sortes de combinaisons.

» L'oxyde d'éthylène se combine au glycol dans les mêmes circonstances où il se combine à l'eau. Le produit principal de cette réaction est le composé $C^4H^{10}O^3$. Mais quand celui-ci a passé à la distillation, on recueille encore un liquide très-épais, parfaitement incolore et qui passe vers 290 degrés environ. Ce corps résulte de la combinaison de 2 atomes d'oxyde d'éthylène avec 1 atome de glycol, et sa composition est représentée par la formule $C^6H^{14}O^4$.

$$2[C^2H^4O] + C^2H^6O^2 = C^6H^{14}O^4.$$

Il se forme en petite quantité dans la réaction de l'oxyde d'éthylène sur l'eau :

$$3[C^2H^4O] + H^2O = C^6H^{14}O^4.$$

» On le voit, 1, 2, 3 atomes d'oxyde d'éthylène peuvent se combiner à 1 atome d'eau pour former, par voie de synthèse directe, des composés de plus en plus compliqués, mais pourtant très-simples dans leur constitution moléculaire. Je suis en mesure de démontrer que tous ces composés jouent le rôle d'alcools. Si l'on nomme le glycol *alcool éthylénique*, on peut nommer les deux autres corps, *alcool diéthylénique* et *alcool triéthylénique*. Les formules suivantes indiquent les relations très-simples qui relient tous ces composés :

$$\underbrace{C^2H^6O^2}_{\text{Glycol.}} = \underbrace{\left.\begin{matrix}[C^2H^4]'' \\ H^2\end{matrix}\right\} O^2}_{\text{Alcool éthylénique.}} \quad \text{dérivé du type diatomique} \left.\begin{matrix}H^2 \\ H^2\end{matrix}\right\} O^2,$$

$$\underbrace{C^3H^{10}O^3}_{\text{Corps de M. Lourenço.}} = \underbrace{\left.\begin{matrix}[C^2H^4]'' \\ [C^2H^4]'' \\ H^2\end{matrix}\right\} O^3}_{\text{Alcool diéthylénique.}} \quad \text{dérivé du type triatomique.} \left.\begin{matrix}H^2 \\ H^2 \\ H^2\end{matrix}\right\} O^3,$$

$$\underbrace{C^4H^{14}O^4}_{\text{Nouveau corps.}} = \underbrace{\left.\begin{matrix}[C^2H^4]'' \\ [C^2H^4]'' \\ [C^2H^4]'' \\ H^2\end{matrix}\right\} O^4}_{\text{Alcool triéthylénique.}} \quad \text{dérivé du type tétratomique.} \left.\begin{matrix}H^2 \\ H^2 \\ H^2 \\ H^2\end{matrix}\right\} O^4. \text{ »}$$

PHYSIQUE. — *De l'action que la lumière exerce lorsqu'elle rend différentes substances à l'état de solution aqueuse capables de réduire les sels d'or et d'argent; par* M. **Niepce de Saint-Victor.** (Extrait.)

« Cette série d'expériences est la continuation du travail que j'ai publié sur le même sujet, c'est-à-dire qu'ayant insolé les substances desséchées, je viens de les insoler en dissolution.

» Je dirai tout de suite que M. Draper a déjà constaté que le peroxalate de fer étant exposé en solution à la lumière, dégage un gaz et acquiert la propriété de précipiter les sels d'or à l'état métallique, et que le célèbre professeur de New-York en a tiré une application à la photométrie en pesant la quantité d'or réduit.

» Voici mes expériences : On sait qu'après l'acide gallique l'acide oxalique est celui des acides organiques qui réduit le plus facilement les sels d'or; mais si on insole une solution de ce dernier acide, elle réduit alors bien plus rapidement le chlorure d'or : il en est de même de tous les acides organiques qui peuvent alors à différents degrés réduire les sels d'or et même ceux d'argent non influencés par la lumière.

» J'ai ensuite insolé une solution d'azotate d'urane dans de l'eau distillée et séparément une solution de matière organique neutre.

» Si la première solution n'est pas neutralisée par de l'ammoniaque ou de l'oxyde jaune d'urane, elle ne réduira pas (du moins dans le même espace de temps d'insolation) le chlorure d'or, tandis qu'elle le réduira dans le cas contraire.

» Quant à la seconde solution, elle ne m'a donné aucune trace de réduc-

tion; cela tient peut-être à ce que je n'ai pas insolé assez longtemps la substance, car il est certain que l'amidon et la gomme peuvent en partie se transformer en *glucose* par la seule influence de la lumière, comme M. Corvisart et moi l'avons constaté.

» Maintenant, si on insole un mélange d'azotate d'urane et de matière organique neutre, en solution dans un vase plein et fermé hermétiquement, cette liqueur réduit le chlorure d'or et l'azotate d'argent après un temps très-court d'insolation. La réduction devient de plus en plus forte à mesure que l'on prolonge l'exposition à la lumière; il arrive cependant un moment où la réduction est à son maximum d'effet, elle se manifeste par une coloration noire que prend la liqueur aussitôt que l'on y verse de l'azotate d'argent.

» Si on prolonge ensuite l'insolation, la liqueur devient grise quand on y verse l'azotate d'argent; elle perd de plus en plus son pouvoir réductif, qui finit par disparaître complétement à l'égard de l'azotate d'argent.

» Mais, fait remarquable, si on soustrait la liqueur à l'action de la lumière lorsqu'elle a atteint son maximum d'activité pour réduire les sels d'argent, cette liqueur perd cette activité en moins de cinq minutes par l'agitation à l'air libre, par l'ébullition ou par un repos prolongé à l'air libre; si, au contraire, elle est fermée hermétiquement, elle la conserve.

» Maintenant, voici ce que l'on observe sur la solution d'azotate d'urane et de matière organique : la liqueur sous l'influence de la lumière commence par se colorer en vert si la solution est acide et en violet si elle est presque neutre.

» Si on continue de laisser la liqueur à la lumière, on voit un léger trouble se produire, la liqueur devient opaline, le trouble augmente, enfin il se forme un précipité au fond du vase, et dans cet état elle ne réduit plus l'azotate d'argent, mais elle réduit encore le chlorure d'or.

» Si on agite la liqueur où s'est formé un précipité, ce précipité se dissout complétement en moins de cinq minutes; il se dissout également après un repos prolongé.

» Pour qu'il se forme un précipité dans une liqueur insolée, il faut qu'elle ne soit pas trop acide : moins elle est acide, plus rapidement il se forme; ce précipité se dissout très-bien dans une eau acidulée. Reste à examiner la nature de ce précipité.

» Je parlerai maintenant de l'action de la lumière sur les vins et les eaux-de-vie.

» Si on insole du vin dans un vase de verre blanc, plein et bouché her-

métiquement, on constatera après deux ou trois jours que ce vin est plus sucré que celui qui était exposé à la même température, mais privé de lumière.

» L'action de la lumière peut être très-favorable sur certains vins, elle peut leur donner la qualité d'un vieux vin, à la condition que l'action de la lumière sera suffisante, mais pas trop prolongée; sans cela le vin contracte souvent un arrière-goût désagréable, et dans tous les cas il devient comme un vin *passé.* »

MÉDECINE. — *Cas de tétanos traumatique traité sans succès par le curare; par* **M. H. Gintrac.**

« F..., âgé de dix-huit ans, d'une constitution robuste, d'un tempérament sanguin, ayant toujours joui d'une santé parfaite, se fit, le 4 octobre 1859, en marchant les pieds nus, une plaie au pied droit. Un clou pénètre d'un centimètre environ par son extrémité acérée dans la région plantaire au niveau de l'articulation de la première phalange du quatrième orteil avec le métatarsien. Le corps étranger est immédiatement extrait, ne provoque dans la partie atteinte qu'une légère douleur et un faible écoulement de sang. Cet accident n'eut alors aucune importance, puisque F.... continua de marcher; trois jours après, la plaie était complétement cicatrisée.

» Le 17 octobre, F.... éprouve une céphalalgie intense, des douleurs vagues dans les membres, un sentiment de roideur vers la nuque qui rend pénibles les mouvements de la tête, des élancements dans les régions temporo-maxillaires. Le 18, les jambes sont alternativement le siége de crampes et de secousses convulsives; les tiraillements qui se produisaient dans les muscles de la partie postérieure du cou s'étendent à ceux des gouttières vertébrales. Ce n'est qu'avec peine que le tronc peut être fléchi en avant; la contraction spasmodique se prononce dans les muscles de la face, il y a de la gêne dans les mouvements des mâchoires qui se serrent graduellement et ne peuvent s'écarter que d'une manière incomplète.

» Transporté le 19 octobre à 5 heures du matin à l'hôpital Saint-André, dans le service de clinique interne, on constate une aggravation de plusieurs des symptômes ci-dessus indiqués. On prescrit un bain de vapeur qui ne peut être supporté que vingt minutes; ce bain produit une sueur abondante sans aucun amendement des symptômes. A 8 heures du matin, lors de la visite, la tête est toujours renversée en arrière et immobile, les muscles du cou sont dans un état de contraction per-

manente. Les temporaux et les masseters en convulsions toniques tiennent les mâchoires rapprochées; la déglutition s'opère bien, l'opisthotonos persiste, les muscles dorsaux et ceux des gouttières vertébrales sont le siége de douleurs qui s'exaspèrent par moments et arrachent des cris au patient. Les parois du ventre présentent un plan solide très-résistant. La constipation se maintient, ainsi que la dysurie. Les mouvements des membres inférieurs sont pénibles et embarrassés; quant à ceux des membres supérieurs, ils restent libres. La peau est chaude, le pouls plein, large, à 100 pulsations.

» *Prescription.* — Vingt sangsues le long du rachis; extrait thébaïque 20 centigrammes en cinq pilules; chloroforme en inhalation; deux vésicatoires sur l'épigastre avec le marteau de Mayor.

» Pendant la journée l'émission des urines est devenue naturelle, mais la contraction des muscles du cou, de la face et du tronc est toujours aussi forte. Les douleurs qui paraissent avoir pour point de départ la région lombaire sont aussi vives. Secousses convulsives dans les membres inférieurs, flaccidité des membres supérieurs. Le soir vers 6 heures, le calme semble vouloir s'établir, mais il ne dure que peu d'instants. Pendant la nuit l'agitation est extrême, l'insomnie absolue, les douleurs acquièrent un haut degré d'intensité.

» 20. Roideur plus grande des muscles du cou, même immobilité de la tête qui est portée en arrière et de la mâchoire inférieure qui peut à peine s'écarter d'un demi-centimètre de la supérieure. Opisthotonos plus prononcé, respiration courte, pénible, entrecoupée de plaintes, pouls à 128 assez développé et régulier, 30 inspirations, sueur générale.

» *Prescription.* — 1°. Julep contenant 10 centigrammes de *curare* pour 120 *grammes de véhicule* à prendre par cuillerées de deux en deux heures.

» 2°. Solution de *curare* dans de l'eau distillée à 2 décigrammes par gramme, de telle sorte que chaque goutte de liquide contient 1 centigramme de curare. A l'aide de la seringue Pravaz on introduit dans le tissu cellulaire souscutané du tronc, des membres supérieurs, des membres inférieurs et de la face, une goutte de cette solution à $9^h 30^m$ du matin, à $10^h 30^m$, à $11^h 30^m$, à midi et demi, à $2^h 30^m$, à $4^h 30^m$, à $6^h 30^m$, à $9^h 30^m$ du soir, de telle sorte que dans cette journée 8 centigrammes sont injectés sous le derme.

» 21. Insomnie, les contractions sont énergiques et soutenues, nulle modification ni dans les trismus, ni dans l'opisthotonos, les élévateurs de la mâchoire inférieur sont rigides, la déglutition est restée facile, le ventre offre la résistance d'une planche, les jambes sont roides et ne peuvent être

fléchies que par un mouvement communiqué. Les membres supérieurs sont toujours mobiles. 36 inspirations, 140 pulsations.

» *Prescription.* — Même *julep au curare.* Injection avec la seringue Pravaz de 1 centigramme de *curare*, à 6h30m, 8h, 9h, 10h, 11h30m du matin; 1h30m, 2h30m, 3h30m, 5h, 6h, 9h, 11h du soir, c'est-à-dire 12 centigrammes de curare.

» Durant toute la journée le malade a constamment poussé des cris de douleur, le corps est roide et immobile, la tête est renversée en arrière sans que la main qui la soulève puisse en changer la direction... L'opisthotonos fait des progrès. Les contractions violentes des muscles du tronc favorisent l'émission des urines qui ne s'effectue que par regorgement. Pouls à 128 pulsations, moins développé, 38 inspirations.

» 22. La contraction spasmodique tend à envahir le système musculaire tout entier; le corps est tellement roide, qu'on dirait toutes les articulations ankylosées. Pouls à 130 peu développé, moiteur, sudamina nombreux sur le front, le cou et les épaules. Rétention d'urine qui oblige à pratiquer le cathétérisme.

» *Prescription.* — Dans le courant de la journée, injections avec la seringue Pravaz de 18 centigrammes de *curare.*

» *Soir.* — Les contractions tétaniques sont accompagnées de violentes douleurs qui deviennent atroces pendant les paroxysmes. Le trismus et l'opisthotonos sont au même degré. Les membres supérieurs offrent peu de résistance. Le pouls devient petit à 140 pulsations. L'intelligence conserve la plus parfaite intégrité.

» 23. Insomnie, douleurs atroces, cris presque continus. Trismus et opisthotonos plus prononcés, ventre très-tendu, rétention d'urine, sentiment de constriction au-devant de la poitrine, dyspnée, 42 inspirations, 138 pulsations, éruption miliaire sur le tronc et les membres supérieurs, sudamina sur les parties déjà indiquées.

» *Essai du médicament sur des animaux.* — Voyant que le *curare* dont je me servais ne produisait aucun effet sensible sous le double rapport physiologique et thérapeutique, je reconnus la nécessité de l'expérimenter sur des animaux. 10 centigrammes de curare injectés sous la peau de la cuisse d'nu lapin déterminent la mort de l'animal au bout de cinq minutes. Chez un autre lapin, 5 centigrammes introduits de la même manière ne tuent qu'après un quart d'heure. Chez un troisième, cette même dose de 5 centigrammes ne produit aucun effet toxique. La lenteur de l'action du poison dans la deuxième expérience, son innocuité dans la troisième me

firent craindre que ce curare n'eût subi quelque altération. Je résolus alors d'en demander à Paris, et par dépêche télégraphique je m'adressai à MM. Mialhe et Grassi qui eurent l'obligeance de m'en expédier immédiatement.

» 24. En attendant, je prescris : bain de vapeur, extrait thébaïque à 0,30 degré, chloroforme en inhalation, lavement huileux, bouillon. Ces divers moyens n'amènent aucune amélioration, le pouls est toujours petit, très-fréquent, la respiration gênée, il y a de l'anxiété précordiale, les symptômes persistent en s'aggravant. L'éruption miliaire se répand sur le tronc et les membres inférieurs. La peau n'a nullement perdu de sa sensibilité.

» (Injections avec la seringue Pravaz de 5 centigrammes de *curare* de MM. Mialhe et Grassi. Ce curare expérimenté chez des lapins est toxique en quatre minutes à la dose de 5 centigrammes.)

» *Soir.* — Nulle modification des symptômes tétaniques, suffocation, muscles pectoraux fortement contractés; rigidité très-grande de tout le corps, sauf des membres supérieurs; face congestionnée, pouls imperceptible.

» 25. Étouffements, voix voilée, parole entrecoupée, respiration laborieuse, gêne de la déglutition, rétention d'urine, un peu de délire, diaphorèse, fréquence extrême et petitesse du pouls.

» La dose de curare employée en injection est portée à 15 centigrammes.

» 26. La roideur tétanique envahit les membres supérieurs. Face pâle, constriction des ouvertures palpébrales avec semi-occlusion des paupières, trismus presque complet, respiration stertoreuse, contractions convulsives des muscles respirateurs, incohérence dans les paroles, sueur visqueuse, pouls imperceptible. Injection de 20 centigrammes de *curare*.

» 27. Mort.

» *Nécropsie.* — En disséquant les tissus du pied droit, atteints par le clou, on constate que la plaie a été superficielle, et la cicatrisation complétement achevée. Il n'y avait eu ni épanchement sanguin, ni lésion musculaire ou nerveuse apparente.

» Il existe une rigidité des membres et du tronc considérable. Les muscles sont d'un rouge bleuâtre très-marqué, ceux de la région dorso-lombaire sont gorgés d'une grande quantité de sang.

» Les membranes qui enveloppent le cerveau sont injectées, la pie-mère surtout est hypérémiée. Les vaisseaux qui rampent à la surface du cerveau sont très-apparents et remplis de beaucoup de sang. La substance cérébrale a sa coloration et sa consistance ordinaires. Les ventricules ne contiennent

pas de liquide. La dure-mère rachidienne n'offre rien de particulier. L'arachnoïde et la pie-mère ont une teinte rouge générale. La moelle épinière dans toute son étendue présente une texture, une couleur et une consistance parfaitement naturelles. Les poumons sont fortement engoués. A la base surtout leur parenchyme est infiltré d'une très-grande quantité de sang; plongé dans l'eau il ne surnage pas. Le cœur a son volume habituel, il contient fort peu de sang dans ses cavités.

» La muqueuse gastrique n'est point injectée, elle a sa teinte ordinaire ainsi que la muqueuse intestinale. Le foie et la rate sont congestionnés, les reins d'un rouge bleuâtre sont imprégnés de sang.... »

Remarques de **M. Velpeau** *à l'occasion de la précédente communication.*

« L'observation de M. Gintrac fils m'oblige à revenir un instant sur le curare.

» Douze à quinze exemples de tétanos guéris par le chloroforme ont déjà été publiés, et voilà que, selon toute apparence cependant, d'après des expériences physiologiques et d'après la pratique générale, le chloroforme est plutôt capable d'aggraver le tétanos que de le guérir.

» Or qu'y a-t-il en faveur du curare jusqu'ici? M. Vella s'en est servi chez trois malades, et deux des tétaniques sont morts. A Paris, trois malades y ont été soumis, et il en est également mort deux. On vient de voir ce qu'est devenu celui de M. Gintrac.

» Ainsi, sur sept essais il y a cinq insuccès, et où est la preuve que dans les deux autres cas la guérison soit due au curare? Que sait-on sur cet agent? Est-ce une substance végétale unique, ou bien un composé de plusieurs produits toxiques? Son énergie est-elle variable ou toujours la même? Perd-il son action en vieillissant ou la conserve-t-il indéfiniment?

» On avait cru que par les voies digestives il n'empoisonnait pas. Les anciennes expériences de Fontana et des essais récents de MM. Martin Magron et Cl. Bernard prouvent, au contraire, qu'à de certaines doses et dans de certaines conditions il tue par là très-promptement. D'autres expériences de M. Bernard tendraient à établir, d'un autre côté, que sur les animaux blessés, malades ou affaiblis, le curare n'agit qu'à de fortes doses.

» Chez le malade de M. Chassaignac, le curare, à faible dose, et par l'estomac et par la plaie, a-t-il été absorbé? L'exsudation du fond de la

blessure et la couche pyogénique préexistante n'ont-elles pas empêché toute pénétration du médicament de ce côté?

» M. Bernard me répond que chez les malades qui sont morts l'insuccès tient peut-être à ce que la maladie était trop avancée pour permettre au curare d'agir. Mais une telle raison ne peut pas être admise. Chez le malade de M. Follin, on a eu recours au remède quelques heures après le début du tétanos; il en a été de même chez celui de M. Manec, et pourtant ces deux malades ont succombé, tandis que l'homme guéri par M. Chassaignac n'a été soumis au curare qu'au bout de quelques jours de maladie.

» En regard de tant d'incertitude et de vague, il y a par malheur un fait positif : c'est que le curare, introduit dans le tissu cellulaire ou les muscles, tue promptement les animaux et à très-petite dose, puisque pour un cabiai, par exemple, de 1 à 5 centigrammes suffirent.

» Ce n'est pas tout : on l'a essayé en Angleterre contre le tétanos sur de grands animaux. Un cheval et un âne ont cessé d'être contracturés avant de succomber, mais ils n'en sont pas moins morts, et morts comme si les muscles de la poitrine avaient été paralysés.

» En supposant que le curare arrête les roideurs tétaniques, le praticien aura donc encore à craindre que son malade ne meure par le fait même du remède!

» Qui sait d'ailleurs ce que c'est que le tétanos? La roideur musculaire ici n'est pas l'essence du mal; elle a lieu sous l'influence des nerfs sans doute; mais éteindre la sensibilité ou l'action des nerfs, ce n'est pas détruire l'altération dont ils sont ou peuvent être le siége. Il en est évidemment de même de la moelle.

» Pour se tenir en dehors des hypothèses et des suppositions, il faut donc convenir que le raisonnement et l'expérience sont plutôt contraires que favorables jusqu'à présent à l'emploi du curare dans le traitement du tétanos.

» Cependant, comme il s'agit d'une maladie redoutable, et que dès lors les chirurgiens ne manqueront pas de vouloir essayer du nouveau remède, je termine en adjurant les physiologistes de se livrer à de nouvelles recherches, afin de préciser les doses qu'il serait permis d'en donner à l'homme malade, et suffisantes aussi pour avoir chance de modifier la maladie. Il faudrait en outre qu'ils obtinssent un composé fixe, dont l'action pût être sûrement mesurée ou dosée, comme le serait celle de la *curarine*, par exemple, s'il était possible de se la procurer.

» Jusque-là l'anxiété des praticiens sera extrême. La gravité du mal qui les incite à agir d'un côté, et les dangers, les inconvénients du remède qui les retiennent de l'autre, réclament à ce sujet une prompte solution. »

Remarques de **M. Cl. Bernard** *sur la même communication.*

« Le curare a été employé avec succès dans certains cas de tétanos traumatique, et il a échoué dans d'autres. Or, en lisant ces diverses observations, il y a, ce me semble, une remarque importante à faire. Lorsque l'administration du curare a été suivie de guérison, comme l'ont observé M. Vella à Turin, et M. Chassaignac à Paris, les propriétés physiologiques du curare se sont promptement manifestées; il y a eu modification du tétanos et relâchement musculaire. Dans le cas, au contraire, où l'emploi du curare a été suivi d'insuccès, il n'y a eu aucune action physiologique apparente ; la roideur tétanique n'a pas été modifiée, et les malades sont restés réfractaires, comme l'on dit, à l'action du médicament. C'est ce qui a eu lieu dans les cas observés par M. Manec, M. Follin, à Paris, et par M. Gintrac à Bordeaux. Il serait donc de la plus haute importance de savoir quand se manifeste chez les tétaniques cet état réfractaire aux médicaments les plus énergiques, état réfractaire qui a été cité aussi, comme on le sait, dans certaines périodes d'autres maladies très-dangereuses, telles que la rage, le choléra, etc. Jusque-là on ne saurait, je crois, attribuer l'insuccès du traitement à l'inefficacité du médicament qui n'a pas agi, mais seulement aux conditions qui l'ont empêché d'exercer son influence favorable. En un mot, le curare se trouve, pour le moment, où en est tout médicament à son début. Il faut d'abord étudier les indications, c'est-à-dire chercher à déterminer les circonstances dans lesquelles il est applicable et celles dans lesquelles il ne l'est pas. Mais tout cela ne se fait qu'avec l'aide du temps. C'est pourquoi, au lieu d'insister comme M. Velpeau sur les cas d'insuccès et de décourager tous ceux qui conservent l'espoir de trouver un remède contre l'affection terrible qui constitue le tétanos traumatique, je pense qu'il vaut mieux insister sur les cas de succès et encourager les médecins, afin qu'ils puissent arriver à établir dans quelles conditions le curare est utile. En effet aucun médicament, même parmi les plus héroïques, n'est applicable à tous les cas.

» Dans une très-prochaine communication, en rendant compte à l'Académie de l'examen que j'ai fait des flèches empoisonnées que M. Bous-

singault a présentées l'année dernière, je reviendrai sur la nature et sur les effets des diverses substances employées sous la dénomination de *poison de flèches*. Ces poisons, en raison de leur action énergique sur des systèmes organiques bien déterminés, me semblent appelés à entrer dans la thérapeutique et à devoir y jouer un rôle important. A cette occasion je répondrai aux objections que M. Velpeau croit pouvoir faire contre l'emploi du curare, en les déduisant de l'état actuel imparfait de nos connaissances physiques sur cette substance. »

« **M. Duméril** dit qu'il ne veut pas entrer dans la discussion médicale sur le traitement du tétanos par l'emploi du curare. Il croit devoir faire remarquer cependant qu'on a comparé les effets de l'inoculation du curare à ceux que produit la piqûre des serpents venimeux qui introduisent ainsi un poison dans le tissu cellulaire des animaux vivants. On peut donc supposer que ce venin paralyse ou suspend presque soudainement la motilité de la victime, devenue incapable de fuir, émousse sa sensibilité et anéantit la perception de la douleur, ce qui serait une compensation prévoyante de la nature. On a constaté effectivement que, dans quelques cas, ces deux facultés animales, toujours associées, sont en même temps et tout à la fois suspendues.

» M. Duméril rappelle également que certains Insectes hyménoptères fouisseurs, tels que les Sphéges et les Cercéris, produisent un effet semblable dont on s'est assuré. Lorsqu'ils ont inséré leur aiguillon et le venin dont il est armé sous la peau de certaines chenilles ou d'autres animaux à peau molle, ils viennent les déposer en provision, comme dans une sorte de garde-manger, à la portée de leur larve, à laquelle ces victimes doivent servir de pâture. On a reconnu que ces matières animales, devenues dès lors des corps inertes, sont de la chair vivante et végétante qui, ne pouvant ni se mouvoir ni sentir, est par cela même dévolue sans résistance à la nourriture, au développement et à l'accroissement des larves sans pattes, destinées à reproduire la race de ces industrieux Hyménoptères.

» On a donc ainsi la preuve que la motilité et la sensibilité sont simultanément abolies par l'action du venin des serpents, comme par celui d'un grand nombre d'Hyménoptères à l'état parfait. »

M. l'Abbé Ginard, qui avait précédemment fait connaître les résultats de ses observations sur les effets produits, le 12 septembre dernier, par une

trombe dans les communes d'Agon et de Tourville (Manche), ajoute quelques détails à ceux qu'il avait précédemment donnés; il insiste principalement sur cette circonstance que le tourbillon « n'a pas renversé indistinctement tous les objets qu'il a rencontrés sur son passage, mais qu'au contraire il a généralement épargné les arbres à sommet pyramidal, surtout ceux dont les feuilles bien vivantes se terminaient plus particulièrement en pointe.... » Il ne pourrait affirmer que cette immunité ait été manifeste dans une autre phénomène semblable qu'il avait observé il y a environ dix-huit ans dans la même commune de Tourville; seulement il constata alors, comme aujourd'hui, « l'arrachement par une sorte d'aspiration d'un grand nombre d'arbres à têtes arrondies.... »

Revenant à la trombe du 12 septembre dernier, il remarque « qu'elle a produit ses plus terribles effets dans les lieux les plus bas de son parcours, dans les parties du territoire qui semblaient tout à fait à l'abri des vents par leur position dans le fond de la vallée. »

M. du Moncel adresse une Note sur les résultats obtenus dans une nouvelle série d'expériences qui se rapportent à la non-homogénéité de l'étincelle d'induction; il annonce que cette communication est faite seulement dans l'intention de prendre date jusqu'au moment où il pourra présenter à l'Académie, d'une manière complète, les résultats de ses recherches consignés dans un Mémoire auquel il travaille en ce moment.

Cette Note est renvoyée, comme l'avaient été les dernières communications du même auteur, à l'examen de M. Pouillet.

M. Moret prie l'Académie de vouloir bien se faire rendre compte de deux communications qu'il lui a adressées, et qui font partie d'un travail dont il s'occupe depuis plusieurs années, d'une « Instauration de l'Arithmétique inédite de Fermat ».

Ces communications, reçues à la séance du 24 janvier et du 25 avril de cette année, et renvoyées à l'examen de M. Hermite, ont pour titre : « Nouvelle solution d'un problème de Fermat ».

M. Dugrolès, agent de la Compagnie pour l'exploitation de la machine à vapeur du système Guerraz et Briery, demande « quelle est la marche à suivre pour obtenir, à raison de cette invention, la prime proposée par

l'Académie des Sciences aux machines à vapeur apportant des avantages réels sur celles ordinairement employées. »

On fera savoir à l'auteur de la Lettre que l'Académie n'a point proposé de semblables primes ; mais que la machine peut être soumise au jugement d'une Commission ou présentée au concours pour l'un des prix à décerner, soit pour le prix annuel de Mécanique, soit pour le prix extraordinaire concernant l'application de la vapeur à la marine militaire.

M. **Rouget**, qui avait précédemment soumis au jugement de l'Académie un Mémoire sur la décomposition des polynômes en facteurs rationnels du second degré, demande l'autorisation de reprendre ce manuscrit qui contient des calculs dont il aurait besoin pour un nouveau travail.

Le Mémoire n'ayant pas été l'objet d'un Rapport, l'auteur est autorisé à le reprendre.

La séance est levée à 6 heures. F.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans la séance du 14 novembre 1859 les ouvrages dont voici les titres :

Compte rendu des travaux de la Société impériale et centrale d'Agriculture, depuis le 1er avril 1858 jusqu'au 14 juillet 1859; par M. Payen, secrétaire perpétuel. Séance publique annuelle tenue le dimanche 17 juillet. Paris, 1859; br. in-8°.

Direction générale des douanes et des contributions indirectes. Tableau général des mouvements du cabotage pendant l'année 1858. Paris, 1859; in-folio.

Principes d'hydraulique rationnelle applicables aux courants naturels, tels que les rivières et les fleuves; par M. Courtois. Paris, 1859; br. in-8°.

Nouveau manuel complet de galvanoplastie, ou Éléments d'électro-métal-

lurgie; par M. SMÉE, ouvrage publié par E. DE VALICOURT. Paris, 1860; 2 vol. in-18.

Les deux Arithmétiques, la décimale et la duodécimale, ou la Zonnomie; par A.-D. GAUTIER. Paris, 1860; br. in-4°.

L'Académie a reçu dans la séance du 21 novembre 1859 les ouvrages dont voici les titres :

Œuvres complètes de François Arago, secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, publiées d'après son ordre sous la direction de M. J.-A. BARRAL; t. XI. *Mémoires scientifiques,* t. II. Paris, 1859; in-8°.

Le Jardin fruitier du Muséum; par M. J. DECAISNE; 29e liv.; in-4°.

Sur la différence de longitude des Observatoires de Bruxelles et de Berlin, déterminée en 1857, par des signaux galvaniques; br. in-4°. (Extrait des *Annales de l'Observatoire royal de Bruxelles.*)

Enquête sur le Serpent de la Martinique (Vipère fer de lance, Bothrops lancéolé, etc.); 2e édition, entièrement refondue; par le Dr E. RUFZ. Paris, 1860; 1 vol. in-8°.

De la traversée des Alpes par un chemin de fer; par Eugène FLACHAT. Neuilly, 1859; br. in-8°.

Phénomènes célestes résultant de la transmission successive de la lumière; par Eugène JEANJAQUET. Neuchâtel, 1859; br. in-8°.

Recherches sur l'attraction moléculaire; par A. BOUCHÉ. Paris, 1859; br. in-8°.

Récits d'un vieux sauvage pour servir à l'histoire ancienne de Havaii. Notes d'un voyageur; par M. Jules REMY. Châlons-sur-Marne, 1859; br. in-8°.

La Gravitation au point de vue de l'électricité; par ZALIWSKI. 1 feuille in-8°.

Ephemerides of the... *Éphémérides des petites planètes et de Neptune pour l'année* 1860. (Supplément au *Nautical Almanack* pour 1863.)